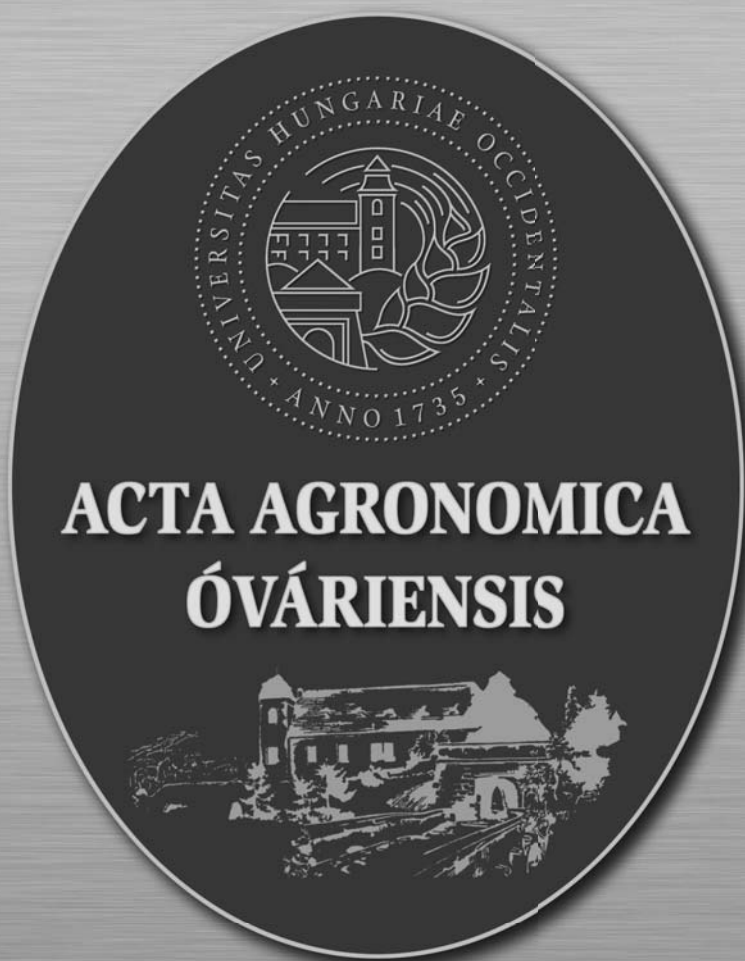


ACTA AGRONOMICA ÓVÁRIENSIS



VOLUME 56.

NUMBER 1.

Mosonmagyaróvár

2014



ACTA AGRONOMICA ÓVÁRIENSIS



VOLUME 56.

NUMBER 1.

**Mosonmagyaróvár
2014**

UNIVERSITY OF WEST HUNGARY
Faculty of Agricultural and Food Sciences
Mosonmagyaróvár
Hungary

NYUGAT-MAGYARORSZÁGI EGYETEM
Mosonmagyaróvári
Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar
Közleményei

Volume 56. Number 1.

**Mosonmagyaróvár
2014**

Editorial Board/Szerkesztőbizottság

Benedek Pál DSc
Hegy Judit PhD
Kovács Attila József PhD
Kovácsné Gaál Katalin CSc
Kuroli Géza DSc
Manninger Sándor CSc
Nagy Frigyes PhD
Neményi Miklós CMHAS
Pinke Gyula PhD
Porpáczy Aladár DSc
Reisinger Péter CSc
Salamon Lajos CSc
Schmidt János MHAS
Schmidt Rezső CSc
Tóth Tamás PhD
Varga László PhD
Varga-Haszonits Zoltán DSc
Varga Zoltán PhD *Editor-in-chief*

Address of editorial office/A szerkesztőség címe
H-9201 Mosonmagyaróvár, Vár 2.

Publisher/Kiadja
University of West Hungary Press/Nyugat-magyarországi Egyetem Kiadó
9400 Sopron, Bajcsy-Zsilinszky u. 4.



A legeltetési időszak hosszának hatása a húsmarhák néhány értékmérő tulajdonságának ökonómiai súlyára és a húsmarhatartás eredményességére

SZABÓ FERENC¹ – SZABÓ ESZTER² – GULYÁS LÁSZLÓ¹ – PONGRÁCZ LÁSZLÓ¹ –
TEMPFLI KÁROLY¹ – KOVÁCS ÁDÁM¹ – SZŰCS MÁRTON⁴ – KELLER KRISZTIÁN³

¹ Nyugat-magyarországi Egyetem
Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar
Mosonmagyaróvár

² Kaposvári Egyetem
Kaposvár

³ Pannon Egyetem
Keszthely

⁴ Limousin és Blonde d' Aquitaine Tenyésztők Egyesülete
Budapest

ÖSSZEFOGLALÁS

A szerzők ökonómiai modellszámításokkal vizsgálták a húsmarhatartás eredményességét. Értékeltek a legeltetési időszak hosszának hatását a jövedelmezőségre, illetve a fontosabb értékmérő tulajdonságok gazdasági súlyára. A vizsgálatokat 130, 160, 190, illetve 220 napos legeltetési időszakokat feltételezve végezték el. Az értékelésre az ECOWEIGHT programcsomagot alkalmazták. A vizsgálat eredménye szerint minden egyes feltételezett legeltetési időszak esetében, 600–700 Ft, illetve e feletti élősúly kilogrammonkénti választásborjú-ár mellett jövedelmező az ágazat. Gazdasági szempontból mindegyik legeltetési időszakban a tehenek vemhesülési aránya, mint reprodukciós tulajdonság a legerősebb befolyású. Súlyát tekintve sorrendben ezt követi a tehenek hasznos élettartama, az elléskori borjúvesztés, a borjak 120 napos és 205 napos súlya, az üszők vemhesülési aránya, a borjak születési súlya, illetve az ellés nehézsége. A 205 napos borjú választási tömeg relatív ökonómiai súlyát 1-nek tekintve a vizsgált tulajdonságok relatív gazdasági súlya az előző felsorolás sorrendjében 4,3–4,5, 1,1–1,2, 1,1, 1,1, 0,1, 0,05.

Kulcszavak: fedezeti összeg, marginális ökonómiai súly, relatív ökonómiai súly.

BEVEZETÉS ÉS IRODALMI ÁTTEKINTÉS

A húsmarhatartásban, mivel az ágazat hozama a selejt állatok mellett csupán a választott borjú, a tejtermelő szarvasmarhatartáshoz képest viszonylag kicsi árbevétel érhető el.

Emiatt a jövedelmezőség növelése érdekében a húshasznú tehenek tartása világszerte a lehető legolcsóbb technológiával, természetserű körülmények között, elsősorban gyepterületen történik. A gyepterületek állapotát, annak növényzetét, a vegetációs időszak hosszát, biomassa produkcióját a klimatikus és időjárási tényezők jelentősen befolyásolják. Következésképpen a legeltetési időszak hossza a húsmarhák értékmérő tulajdonságaira, teljesítményére, végső soron az ágazat jövedelmezőségére hatást gyakorol.

A húshasznú szarvasmarhák értékmérő tulajdonságainak gazdasági jelentőségét számos tényező, köztük a tartásmód és takarmányozási költségek alakulása nagymértékben befolyásolja. Ha drágább a takarmányozás, akkor a jövedelem az ágazat egyes teljesítménymutatóinak alakulására érzékenyebben reagál, vagyis az egyes értékmérők ökonomiai súlya általában nagyobb, mint az olcsóbb takarmányozás esetén. A húshasznú tehenek legolcsóbb és egyben legtermészetesebb takarmányforrása a legelő. Ha hosszabb ideig tudunk legeltetni, akkor az éves takarmányozási költség jóval kisebb lehet, mint ha a rövidebb legeltetési időszak után, vagy közben nagyobb mennyiségű szántóföldi, illetve tartósított takarmányokat vagyunk kénytelenek etetni. Csökkenthetjük a tehenek takarmányozási költségeit azáltal is, ha a legnagyobb táplálóanyag-szükségletű időszakot, azaz a szoptatás időszakát legeltetésre alapozzuk. Nem véletlen, hogy a húsmarhatartók a tavaszi elletést és az őszi választást szorgalmazzák. A hagyományos legeltetési időszak hazai körülményeink között Szent György naptól Szent Mihály napig, azaz mintegy 160 napig tart.

Általánosságban elmondható, hogy a húsmarhatartás ott a legfejlettebb és legolcsóbb, ahol intenzív gyepen legeltetnek. Gazdasági szempontokat is figyelembe véve természetesen arra kell törekednünk, hogy a legeltetési időszakot minél hosszabbra nyújtsuk. Számos fejlett húsmarhatartó országban, ahol ezt az időjárási, domborzati és talajadottságok lehetővé teszik, már az egész éven át tartó legeltetés technológiáját is alkalmazzák. Ez a gyakorlatban azonban hazánkban nem valósítható meg.

Nagy (2000) szerint a gyepre alapozott húsmarhatartás legfontosabb súlypontjai: a legeltetési idény megnyújtása, a tavaszi előkaszálások alkalmazása a folyamatos, jó minőségű fűhozam érdekében, valamint a kiegészítő legelők telepítése.

Bertelsen *et al.* (1993) vizsgálatai szerint szakaszváltó legeltetéssel érhető el az egy hektárra eső legnagyobb állatsűrűség, azaz ezzel a legeltetési módszerrel takarmányozhatjuk állatainkat leggazdaságosabban.

Gere (1992) a húsmarhatartás gazdaságosságának fontos tényezői közé sorolja a legeltetési időszak hosszát. Megfelelő fajtahasználattal, műtrágyázással, tavaszi és őszi takarmánykeverékek hasznosításával, előkaszálással, magas tarlóra kaszálással és egyéb technikákkal, mint például a tarlólegeltetés, hetekkel kitolható, vagy előrebbre hozható a legeltetés, illetve a fűhozam is nagymértékben befolyásolható.

A természetes gyepek javításának lehetőségeit, melyekkel a legeltetési időszak eredményesen meghosszabbítható, számos kutató vizsgálta (Vinczeffy 1973, 1977, Barcsák *et al.* 1986, Szabó 1988, Nagy 1989, Dér *et al.* 1992).

Vinczeffy (1993) szerint általában október végéig legeltethető a gyepek, de ha a körülmények (elsősorban az éghajlat és a fűtömeg) engedik, akkor akár december elejéig is legeltethetünk hazánkban. Stefler (1999) szerint az extenzív gyepterület hasznosításának egyik ígéretes alternatívája a húsmarhatartás.

Bene (2007) adatai szerint 1998 és 2005 között a Pannon Egyetem Georgikon Kar keszt-helyi húsmarhaállományánál az 1. táblázatban felsoroltak szerint alakult a legeltetési időszak hossza. A húsmarhatartás gyakorlatában megfigyelhető volt az is, hogy hosszabb legeltetési időszak esetén a takarmányozási költség kedvezőbben alakult, mint amikor rövidebb ideig lehetett legeltetni.

1. táblázat A legeltetési időszak (szezón) hossza

Table 1. Length of grazing period

Év (1)	Kihajtás dátuma (2)	Behajtás dátuma (3)	Legeltetési időszak hossza (nap) (4)
1998	04. 30.	11. 26.	210
1999	04. 08.	11. 05.	211
2000	04. 27.	11. 22.	209
2001	04. 23.	11. 22.	220
2002	05. 30.	11. 14.	168
2003	04. 17.	12. 18.	245
2004	05. 26.	12. 08.	196
2005	05. 24.	11. 17.	177
Átlagosan (5)			205

(1) year, (2) date at the beginning of grazing period, (3) date at the end of the grazing period, (4) length of grazing period (days), (5) mean

(Forrás: *Bene* 2007)

A fentiekből kiindulva jelen munkánk célja az volt, hogy különböző hosszúságú legeltetési időszak esetében modellezzük az ágazat jövedelemviszonyait támogatással és anélkül. Célunk volt továbbá annak vizsgálata, hogy miként alakul az egyes teljesítménymutatók marginális és relatív ökonómiai súlya a legeltetési időszak változásának függvényében.

ANYAG ÉS MÓDSZER

A legeltetési időszak hosszának jövedelmezőségre gyakorolt hatására modellszámítást végeztünk négy különböző, 130, 160, 190 és 220 napos legeltetési időszakra vonatkozóan. A húsmarhatartás egyéb jellemzőit a következők szerint vettük figyelembe. A pároztatási időszak május 25-től július 26-ig tartott három ivarzási cikluson keresztül, természetes fedeztetéssel. Az elletés ennek megfelelően március–május között történt. Az összes bika-borjú, illetve az állomány pótlásához nem szükséges üszőborjú ősszel, választás után értékesítésre került. A modellezett állomány esetében 12 év hasznos élettartammal és 650 kg kifejlett kori tehén élősúllyal számoltunk. Nyári időszakban az állatok kizárólag legelőfüvet fogyasztottak, illetve mikroelemeket is tartalmazó nyalósó kiegészítésben részesültek. A téli időszak takarmányai a lucerna-, illetve réti széna, silókukorica-szilázs, továbbá abrak (törtszem). A költségek az állatok takarmányozásából, elhelyezéséből, állatorvosi kezeléséből, állatgondozói munkabérből álltak össze. A takarmányozás költségeit

az állatok napi nettó energia- és fehérjeszükséglete, valamint az adott szárazanyag-, nettó energia- és fehérjetartalmú takarmány ára alapján számítottuk ki. A takarmányadagokat az állatok igényeinek megfelelően optimalizáltuk, és feltételeztük, hogy az állatok a rendelkezésre álló takarmányból a szükségleteik szerint fogyasztanak, illetve szükségletük szerint legelnek. Az így számított takarmányadagokat az évi átlagos takarmányárakon vettük figyelembe. A nyalósót 30, a zab törtszemet 10, az árpa törtszemet 8, a szénát 12, a kukoricasziláaszt 9, míg a legelőfüvet 0,5 Ft/kg-os áron számoltuk. Az állatorvosi költségeket a Magyar Állatorvosi Kamara 2010-es évre vonatkozó ajánlásai alapján kalkuláltuk. Ezek magukban foglalják az állatorvos térítési díjait és a gyógyszerkészítmények árát. A legelő takarmányozási költségeit csak a közvetlen éves hektáronkénti költségek alapján becsültük meg (tisztító kaszálás, gépek, karámok javítási költségei stb.). Az épületek értékcsökkenését a tehenenkénti fix költségben szerepeltettük. Az istállózás költségei a szalmára, az almozásra, a kitrágyázásra, a trágyatárolásra fordított kiadás és a szerves trágya eladásából származó bevétel különbözeteként kalkuláltuk. Az alomszalma költségeit csak téli időszakra számoltuk. A nehézellés költségeit az ehhez kapcsolódó állatorvosi és többlet bérköltségből becsültük. Az egyéb költségek magukban foglalják az elhullott állatok eltávolításának, valamint az üszők és tehenek termékenyítésének költségeit. A természetes fedeztetés egy tehenre jutó költségét a tenyészbikák árából, a bikák tartásának költségeiből és az egy bikára egy termékenyítési időszakban jutó tehenek, illetve üszők számából számítottuk. A fix költségek a rendszerben fennmaradó összes további költséget jelentik: bér- és járulékköltségek, energia-, biztosítási, kamatfizetési költségek stb. Egy bikára 35 tehenet számoltunk, a tenyészbikák kifejllett kori súlyát 1200 kg-nak vettük. Az üszőborjak születési súlya 37 kg, a bikaborjaké 40 kg volt a modellszámításokban.

Az árbevétel esetünkben a választott borjak, a selejtezett tehenek, illetve a trágya eladásából, valamint a különböző támogatásokból származik. A választási üsző-, illetve bikaborjak élősúlykilogrammonkénti árát 600, illetve 700 Ft-nak, az üszőborjakat választáskor 220 kg-nak, míg a bikaborjakat 260 kg-nak feltételeztük. A területalapú és állatalapú támogatást 2010. évi szinten vettük figyelembe.

Az ökonómiai súlyok becsléséhez *Wolf et al.* (2005) által kidolgozott ECOWEIGHT programcsomagot alkalmaztuk, amelyet a gazdasági állatok értékmérő tulajdonságainak ökonómiai súlyozására dolgoztak ki. A program futtatása során kalkuláltuk a bevételeket, a költségeket, valamint a fedezeti összeget, melyek segítségével marginális ökonómiai súlyokat határoztunk meg. A marginális ökonómiai súly az adott tulajdonságra vonatkozó gazdasági eredmény (profit) részleges deriváltja. Ez megmutatja a tulajdonság átlagától meghatározott egységgel való eltérés (rendszerint $\pm 1\%$ vagy $\pm 0,5\%$) a jövedelmet milyen mértékben befolyásolja. Mindezt például szemléltetve: ha borjak választási súlyának marginális ökonómiai értéke 300 (Ft/kg), ez azt jelenti, hogy ha egy kg-mal növelni tudjuk a borjak választási súlyát, akkor az 300 Ft többletjövedelmet jelent számunkra.

A marginális ökonómiai súlyokból relatív ökonómiai súlyokat számoltunk, melyek az egyes értékmérő tulajdonságok egymáshoz viszonyított rangsorát fejezik ki. A relatív ökonómiai súlyok képzésekor *Krupa et al.* (2005) alapján a 205 napos súlyt vettük alapul, azaz 100%-nak, és minden egyes értékmérő tulajdonságot ehhez viszonyítottunk.

A relatív ökonómiai súlyok képzéséhez az adott tulajdonság marginális ökonómiai súlyát szoroztuk annak genetikai szórásával, majd a 205 napos súly marginális értéke és genetikai szórása szorzatának százalékában fejeztük ki az alábbiak szerint:

$$RÖS = 100 \times AM \times GA/205M \times 205G$$

ahol

RÖS – az adott tulajdonság relatív ökonómiai súlya,

AM – az adott tulajdonság marginális ökonómiai súlya,

GA – az adott tulajdonság genetikai szórása,

205M – a 205 napos korrigált választási súly marginális ökonómiai súlya,

205G – a 205 napos korrigált választási súly genetikai szórása.

A relatív ökonómiai súlyok képzéséhez használt genetikai szórás értékeket a 2. táblázat tartalmazza, amelyek Böbner (1994), Miesenberger (1997) és Pribyl *et al.* (2003) publikációból származnak.

2. táblázat Genetikaiszórás-értékek

Table 2. Values of genetic standard deviation

Tulajdonság	Genetikai szórás	Forrás
205 napos súly (1)	10,44 kg	Pribyl <i>et al.</i> (2003)
Elléskori borjúvesztesség (2)	2,5%	Miesenberger (1997)
Tehenek hasznos élettartama (3)	0,28 év	Böbner (1994)
Üszők vemhesülési rátája (4)	5%	Böbner (1994)
Tehenek vemhesülési rátája (5)	5%	Miesenberger (1997)
Napi tömeggyarapodás (6)	47g	Miesenberger (1997)
Ellés nehézsége (7)	0,050	Pribyl <i>et al.</i> (2003)
Születési súly (8)	1,03 kg	Pribyl <i>et al.</i> (2003)
120 napos súly (9)	6,76 kg	Pribyl <i>et al.</i> (2003)

(1) 205-day weight of calves, (2) losses of calves at calving, (3) longevity of cows, (4) conception rate of heifers, (5) conception rate of cows, (6) daily gain, (7) calving ease or difficulty, (8) birth weight, (9) 120-day weight of calves

EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

A 3. táblázat a bevételek, a költségek és a fedezeti összeg alakulását mutatja az eltérő hosszúságú legeltetési időszakok szerint. A tehenenkénti, illetve a hektáronkénti értékesítés árbevétele a legeltetési időszakok hosszának függvényében csak csekély változást mutat. Az előbbi 111.000 Ft, az utóbbi 75.000 Ft körüli. Ezzel szemben a legeltetési időszakok nyújtása csökkentőleg hat mind az egy tehenre, mind az egy hektárra jutó közvetlen költségre. Vizsgálataink alapján a legeltetési időszak 30 napos nyújtásával tehenenként 5.000 Ft, hektáronként 3.000 Ft közvetlen költséget tudunk megtakarítani. Támogatás figyelembe vétele nélkül 130 napos legeltetési időszakot feltételezve 1.200 Ft fedezeti összeggel, 220 napos legeltetési időszakot feltételezve már 16.500 Ft fedezeti összeggel számolhatunk.

A támogatások minden esetben az aktuális támogatás mértékben változtatják (növelik) a fedezeti összeget. Az összes támogatást kihasználva és a legrövidebb legeltetési időszakot feltételezve teheneként 88.000 Ft, hektáronként 59.000 Ft fedezeti összeggel számolhatunk. Ha mindezt a feltételezett leghosszabb (220 nap) legeltetési időszakra vetítjük, akkor a fedezeti összeg tehenenként 104.000 Ft, hektáronként pedig 69.500 Ft.

3. táblázat A bevételek, a költségek és a fedezeti összeg alakulása

Table 3. Revenues, costs and net merit amounts

Legeltetési időszak hossza (1)	130 nap (04.24–09.01)	160 nap (04.24–10.01)	190 nap (04.24–11.01)	220 nap (4.24–12.01)
1 ha legelő állattartó képessége (db) (2)	0,67			
Értékesítés árbevétele (Ft/tehen) (3)	111.526	111.616	111.699	111.704
Értékesítés árbevétele (Ft/ha) 3x2 (4)	74.722	74.782	74.838	74.841
Állatalapú támogatás (Ft/tehen) (5)	35.000	35.000	35.000	35.000
Állatalapú támogatás (Ft/ha) 5x2 (6)	23.450	23.450	23.450	23.450
Területalapú támogatás (Ft/tehen) 8/2 (7)	39.254	39.254	39.254	39.254
Területalapú támogatás (Ft/ha) (8)	26.300	26.300	26.300	26.300
Extenzifikációs támogatás (Ft/tehen) (9)	13.000	13.000	13.000	13.000
Extenzifikációs támogatás (Ft/ha) 9x2 (10)	8.710	8.710	8.710	8.710
Közvetlen költség (Ft/tehen) (11)	110.348	105.423	100.178	95.121
Közvetlen költség (Ft/ha) 11x2 (12)	73.933	70.633	67.119	63.731
Fedezeti összeg támogatás nélkül (Ft/tehen) 3–11 (13)	1.178	6.193	11.521	16.583
Fedezeti összeg támogatás nélkül (Ft/ha) 4–12 (14)	789	4.149	7.719	11.110
Fedezeti összeg állatalapú támogatással (Ft/tehen) 13+5 (15)	36.178	41.193	46.521	51.583
Fedezeti összeg állatalapú támogatással (Ft/ha) 14+6 (16)	24.239	27.599	31.169	34.560
Fedezeti összeg állatalapú + területalapú támogatással (Ft/tehen) 15+7 (17)	75.432	80.447	85.775	90.837
Fedezeti összeg állatalapú + területalapú támogatással (Ft/ha) 16+8 (18)	50.539	53.899	57.469	60.860
Fedezeti összeg állatalapú + területalapú + extenzifikációs támogatással (Ft/tehen) 17+9 (19)	88.432	93.447	98.775	103.837
Fedezeti összeg állatalapú + területalapú + extenzifikációs támogatással (Ft/ha) 18+10 (20)	59.249	62.609	66.179	69.570

(1) length of grazing period, (2) animal carrying capacity of one hectare pasture, (3, 4) revenues from sales, (5, 6) subsidies based on animal, (7, 8) subsidies based on area, (9, 10) subsidies for extensifications, (11, 12) direct cost, (13, 14) net merit without subsidies, (15, 16) net merit with subsidies based on animal, (17, 18) net merit with subsidies based on area, (19, 20) net merit with subsidies based on animal, area and extensification

A 4. táblázat az egyes értékmérők marginális ökonómiai súlyát listázza az eltérő hosszúságú legeltetési időszakok függvényében. Az ellés nehézségének, az elléskori, illetve a választásig bekövetkező borjúvesztesség alakulásának marginális ökonómiai súlyát a legeltetési időszak hossza nem befolyásolja. A tehenek kifejtett kori súlyának marginális gazdasági jelentőségére a legeltetési időszak hosszának nyújtása csökkentő hatást gyakorol.

A feltételezett legrövidebb legeltetési időszak alatt a kifejlett kori súly marginális ökonómiai értéke 21, a leghosszabb legeltetési időszakot feltételezve ez az érték 11-re csökken. Ez azt jelenti, hogy minél hosszabb a legeltetési időszak, a gazdaság jövedelemviszonyait annál kevésbé befolyásolja a tehenek kifejlett kori súlya. A borjak születési, 120 napos, illetve 205 napos súlyának marginális ökonómiai értékét a legeltetési időszak hosszának növelése alig módosítja. Így a legeltetési időszak hosszának változtatásával ezen értékmérők számottevően nem változtatják meg az ágazat jövedelemviszonyait.

4. táblázat A vizsgált értékmérő tulajdonságok marginális ökonómiai súlya

Table 4. Marginal economic weight of the studied traits

Legeltetési időszak hossza (1)	130 nap (04.24–09.01)	160 nap (04.24–10.01)	190 nap (04.24–11.01)	220 nap (04.24–12.01)
Ellés nehézsége (Ft/0,01 pont/tehen) (2)	307	304	301	300
Elléskori borjúvesztesség (Ft/%/tehen) (3)	1.372	1.372	1.372	1.372
Borjúvesztesség a választásig (Ft/%/tehen) (4)	1.307	1.307	1.307	1.307
Tehenek kifejlettkori súlya (Ft/100 kg) (5)	25	21	17	11
Borjak születési súlya (Ft/kg) (6)	312	315	321	322
Borjak 120 napos súlya (Ft/kg/tehen) (7)	462	464	466	471
Borjak 205 napos súlya (Ft/kg/tehen) (8)	272	274	277	279
Tehén elhullás (Ft/%/tehen) (9)	2.584	2.546	2.503	2.441
Üszők vemhesülési aránya (Ft/%/tehen) (10)	473	459	444	418
Tehenek vemhesülési aránya (Ft/%/tehen) (11)	2.857	2.792	2.720	2.636
Tehenek hasznos élettartama (Ft/év/tehen) (12)	12.243	11.836	11.417	11.119

(1) length of grazing period, (2) calving ease or difficulty, (3) losses of calves at calving, (4) losses of calves till weaning, (5) mature weight of cows, (6) birth weight of calves, (7) 120-day weights of calves, (8) 205-day weights of calves, (9) cow losses, (10) conception rate of heifers, (11) conception rate of cows, (12) longevity of cows

A tehen elhullás, az üsző vemhesülés, a tehen vemhesülés arányának, valamint a tehen hasznos élettartamának marginális gazdasági értékére a legeltetési időszak hosszának növelése mérséklő hatást gyakorol.

Az 5. táblázat a fontosabb értékmérők relatív ökonómiai súlyát mutatja a legeltetési időszak hossza szerint. A relatív ökonómiai súlyok is egyértelműen azt igazolják, hogy a legeltetési időszak hosszának változtatása az egyes értékmérők fontossági sorrendjét számottevően nem befolyásolja.

Ha az értékmérők gazdasági súlyát egymáshoz viszonyítjuk, akkor a tehenek vemhesülési aránya bizonyul a legfontosabbnak, ez az érték 4–4,5-szerese a viszonyítási alapnak tekintett 205 napos korú választott borjúsúly gazdasági értékének. A borjak 205 napos súlyának relatív ökonómiai értéke közel azonos nagyságú a borjak 120 napos súlyának, az elléskori borjúvesztességnek, az üszők vemhesülési arányának, illetve a tehenek hasznos élettartamának relatív ökonómiai súlyával. Az említett tulajdonságokhoz képest az ellés nehézségének, valamint a borjak születési súlyának relatív ökonómiai súlya két nagyságrenddel kisebb, az előbbi 0,02-szeres, az utóbbi 0,1-szerese a fentebb említett tulajdonságokénak.

5. táblázat A vizsgált értékmérő tulajdonságok relatív ökonómiai súlya

Table 5. Relative economic weights of the studied traits

Legeltetési időszak hossza (1)	130 nap (04.24–09.01)	160 nap (04.24–10.01)	190 nap (04.24–11.01)	220 nap (4.24–12.01)
Ellés nehézsége (2)	0,54	0,53	0,52	0,51
Borjak születési súlya (3)	11,3	11,3	11,4	11,4
Borjak 120 napos súlya (4)	110	110	109	109
Borjak 205 napos súlya (5)	100	100	100	100
Elléskori borjúvesztesség (6)	115	114	113	112
Üszők vemhesülési aránya (7)	83	80	77	74
Tehenek vemhesülési aránya (8)	455	445	432	420
Tehenek hasznos élettartama (9)	121	116	110	104

(1) length of grazing period, (2) calving ease or difficulty, (3) birth weight of calves, (4) 120-day weights of calves, (5) 205-day weights of calves, (6) losses of calves at calving, (7) conception rate of heifers, (8) conception rate of cow, (9) longevity of cows

KÖVETKEZTETÉSEK

Vizsgálati eredményeink szerint a legeltetési időszak hosszának változása jelentős hatást gyakorol a tehenenkénti és területegységenkénti költségekre, ezáltal az ágazatban elérhető fedezeti összegre. Modellszámításunk azt mutatja, hogy már 130 nap legeltetési időt feltételezve is, 600–700 Ft-os élősúlykilogrammonkénti választási borjúárak mellett jövedelmező lehet az ágazat. Ennél hosszabb (220 nap) legeltetési időszak esetén a jövedelem még nagyobb.

Az egyes értékmérők marginális ökonómiai súlya a legeltetési időszakok hosszától független, ilyen például az elléskori borjúvesztesség, illetve a választásig mutatkozó borjúvesztesség. Más értékmérők marginális ökonómiai súlyát a legeltetési időszak hosszának változtatása csak kismértékben befolyásolja. A legeltetési időszak hosszának növelése legnagyobb mértékben a tehenek kifejtett kori súlyának marginális ökonómiai értéket csökkenti, mivel az élősúlyváltozás a táplálóanyag szükségletüket, azaz a legelőfű- és egyéb takarmányigényüket, ezáltal a takarmányozási költségüket jelentősen befolyásolja. A vizsgálat során megállapított relatív ökonómiai súlyokból arra következtethetünk, hogy a legelőre alapozott húsmarhatartásban gazdasági szempontból a tehenek vemhesülési aránya a legnagyobb befolyású értékmérő tulajdonság. Sorrendben és értékben ezt követi a tehenek hasznos élettartama, az elléskori borjúvesztesség, a borjak 120 és 205 napos súlya, illetve az üszők vemhesülési aránya. Az ellés nehézsége, illetve a borjak születési súlya a fenti tulajdonságoknál gazdasági szempontból jóval kisebb jelentőségű.

The effect of the length of grazing period on the economic weight of some traits of beef cattle and the profitability of cow-calf production

FERENC SZABÓ¹ – ESZTER SZABÓ² – LÁSZLÓ GULYÁS¹ – LÁSZLÓ PONGRÁCZ¹ –
KÁROLY TEMPFLI¹ – ÁDÁM KOVÁCS¹ – MÁRTON SZŰCS⁴ – KRISZTIÁN KELLER³

¹ University of West Hungary
Faculty of Agricultural and Food Sciences
Mosonmagyaróvár

² University of Kaposvár
Kaposvár

³ University of Pannonia
Keszthely

⁴ Limousin and Blonde d' Aquitaine Breeders Association
Budapest

SUMMARY

Profitability of beef-cattle farming was examined by economic modelling. The effect of the length of grazing period on the profitability and the economic weight of same traits was evaluated. Examinations were carried out on supposing grazing period of 130, 160, 190 and 220 days. ECOWEIGHT program was used for modelling. According to the results of the examination, beef cattle farming was profitable in each length case of grazing period when weaned calf price was 600–700 HUF/kg or above. From economic point of view, in each category of grazing period, pregnancy rate of cows proved to be the most important trait. This reproduction trait was followed by the longevity of cows, losses of calves at calving, weight of calves at 120-day of age and at 205-day of age, pregnancy rate of heifers, birth weight of calves, ease or difficulty of calving. When relative economic weight of calves at 205-day of age was considered to be „1”, the relative economic weight of the mentioned traits were: 4.3–4.5, 1.1–1.2, 1.1, 1.1, 0.1, 0.05, respectively.

Keywords: net merit, marginal economic weight, relative economic weight.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A munkát a TÁMOP-4.2.2-A-11/1/KONV-2012-0013 számú projekt támogatta, melyért a szerzők köszönetüket fejezik ki.

IRODALOM

- Barcsák Z. – Szemán L. – Tasi J.* (1986): A műtrágyázás hatása a gyepek termésére, táplálóanyag-tartalmára és ízletességére. Tudományos Tanácskozás, Gödöllő, 73–74.
- Bene Sz.* (2007): Különböző fajtájú húshasznú tehének néhány értékmérője azonos környezetben. Phd értekezés, Pannon Egyetem.
- Bertelsen, B. S. – Faulkner, D. B. – Buskirk, D. D. – Castree, J. W.* (1993): Beef cattle performance and forage characteristics of continuous, 6-paddock, and 11-paddock grazing systems. *J Anim. Sci.* **71**, 1381–1389.
- Böbner, C. H.* (1994): Schätzung wirtschaftlicher Gewichte für sekundäre Leistungsmerkmale bei Schweizerischen Zweinutzungsrindern unter Anwendung der dynamischen Optimierung. Dissertation, ETH, Zürich.
- Dér F. – Stefler J. – Stefler J-né – Máté S.* (1992): Gyepre alapozott szarvasmarha- és lóhústermelés. Természetes állattartás 2. DATE kiadvány, Debrecen. 49–56.
- Gere T.* (1992): Gyepre alapozott növendékhízlalás technológiája. DGYN. 10. DATE kiadvány, Debrecen. 189–198.
- Krupa, E. – Wolfová, M. – Peskovicova, D. – Huba, J. – Krupova, Z.* (2005): Economic values of traits for Slovakian Pied cattle under different marketing strategies. *Czech J. Anim. Sci.* **50**, (10) 483–492.
- Miesenberger, J.* (1997): Zuchtzieldefinition und Indexselektion für die Österreichische Rinderzucht. Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades der Universität für Bodenkultur, Wien.
- Nagy G.* (1989): Results of overseeding natural grassland on dry solonetz soil. 16th IGC, Nice. 547–548.
- Nagy G.* (2000): Gyepterületeink hasznosításának kérdései a húsmarhatartásban. Állattenyésztés és Takarmányozás. **49**, (5) 439–457.
- Pribyl J. – Misztal J. – Pribylová J. – Seba K.* (2003): Multiple-breed, multiple-traits evaluation of beef cattle in the Czech Republic. *Czech J. Animal Sci.* **48**, (12) 519–532.
- Stefler J.* (1999): A legeltetési állattartás fejlesztésének stratégiája. Állattenyésztés és Takarmányozás. **6**, 623–625.
- Szabó J.* (1988): Az öntözetlen természetes gyepek ágazattársítási lehetőségei. DGYN. 8. DATE kiadvány Debrecen, 37–43.
- Vinczeffy I.* (1973): A gyepre alapozott takarmányozás. DATE Termelésfejlesztés közleményei, Debrecen. **14**, 7–54.
- Vinczeffy I.* (1977): Az intenzív gyepgazdálkodás kialakítása. Egyetemi jegyzet, DATE. 1–193.
- Vinczeffy I.* (szerk.) (1993): Legelő- és gyepgazdálkodás. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 228–229.
- Wolf, J. – Wolfová, M. – Krupa, E.* (2005): User's Manual for the program package ECOWEIGHT (C programs for calculating economic weights in livestock). Version 2.0.15. Programs for cattle.

A szerzők levélcíme – Address of the authors:

SZABÓ Ferenc
Nyugat-magyarországi Egyetem
Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar
Állattudományi Intézet
H-9200 Mosonmagyaróvár, Vár 2.



Main features of the marketing activity influencing competitiveness in the broiler fodder supply equipment market

HEDVIG BENKE – ANTAL TENK

University of West Hungary
Faculty of Agricultural and Food Sciences
Institute of Business Economics
Mosonmagyaróvár

SUMMARY

One of the main reasons for choosing this topic for the research was the fact that among the Hungarian (national) animal husbandry sectors broiler production represents an exception as this is the only sector that could keep its production volume and even increase that slightly during the last decade. Another reason for dealing with this topic was that modern, competitive production requires the use of automatic technical equipment (e.g. automatic feeding and drinking systems, feed bins and flex augers). Regarding the fact that the technical solutions used in fifty percent of national broiler production units do not comply with the modern technical requirements, we can state that further production increase of the broiler sector as well as the modernization of outdated broiler fodder supply equipment together represent a significant potential for the broiler fodder supply equipment manufacturers and distributors. This potential can only turn into successful sales if the market players (distributors and end users) satisfy the existing market conditions (opportunities and expectations) to the greatest extent. In other words the distributors must offer equipment of high technical standards with the help of a competitive marketing strategy and the users must express clear expectations concerning the equipment to be purchased and at the same time have a stable financial background in order to be able to pay for the desired products.

The research was carried out over several years to (1) identify the differences of the marketing strategies of the national distributors of broiler fodder supply equipment (manufactured abroad); (2) see which factors influence the market behavior (decision making when purchasing equipment) of the decision makers of broiler production units; (3) find out the impact of the distributors' marketing strategies (methods, marketing costs) on their profitability and on the success of their sales activity. We assumed that getting to know more about the three above mentioned areas – by having more information about the competitors – would help us see how to adapt better to the ever changing market conditions. In order to achieve the set objectives of the research, we carried out a survey for four years

(2007–2011) at the two largest national distributors of broiler fodder supply equipment as well as at eight broiler production units. The questionnaires aimed at collecting quantitative (production output, revenue, marketing costs, etc.) and qualitative data (evaluation of services, technical performance, etc.). The research period (covering four years) is only important to mention when we speak about the results of the analysis of quantitative data. In this paper the correlation of marketing costs and revenue/earnings were calculated by using the data series from 2007 to 2011. From the qualitative data analysis point of view the time period is of less significance as it meant a one-time evaluation. The mentioned two distributors are dealing with the sales of the products of globally market leading manufacturers (Roxell, Big Dutchman) representing together approximately 70% of the national broiler fodder supply equipment market. The information gained during expert's interviews with the managing directors and marketing managers of the distributors as well the data collected by questionnaires from both the managers of the distributors as well as the managers of the eight broiler production units show that the market players (distributors and end users) have a different idea about the role of the various aspects of marketing strategy and their impact on the efficiency of marketing communication. Whereas distributors ranked personal sales as the most important tool of marketing communication, end users ranked the technical performance (reliability, durability, etc) of the equipment as the most crucial factor. The most interesting and surprising finding of the research is that end users ranked price only on the third place in their decision making which is an important aspect for the distributors when setting their prices.

The impact of marketing costs on the profitability of the distributors is also important to know. In the period of the research, the marketing costs proved to have a stronger than medium impact on the profitability (revenue and earnings) of the distributors.

The better the distributors know the expectations of the end users and the more they would adapt their marketing activities to them, the better they would perform and the more competitive they would become.

Keywords: competitiveness, marketing communication, technical parameters, buyer's decision making, effectiveness of marketing costs.

INTRODUCTION AND LITERATURE REVIEW

The broiler fodder supply equipment is a basic element of the poultry housing equipment. Modern technology increases the efficiency of the equipment, which has a direct impact on the performance of production. The selection of automatic broiler fodder supply equipment (feeding and drinking systems) mainly depends on the choice of products which the broiler farmers (users) may choose from. Their choice is highly influenced by various aspects (price, technical parameters, services offered, warranty, etc.). The competitive marketing strategy is primarily important for the ones who provide a better offer as a result of factors (price decrease, higher technical level, and flexible distribution, etc.) which are advantageous for the users. Globalization in the marketing of these products increases the role of the marketing strategies of the manufacturers and distributors.

Further automation of the broiler farms as well as modernization of their equipment would improve the performance indicators and profitability of the farms and at the same time would create potential sales for the broiler fodder supply equipment distributors.

The broiler fodder supply equipment distributors have their own, unique marketing strategy to maximize their profit. To keep one's position and to expand (develop) in the even more competitive market is only possible by having a successful (effective) marketing strategy. The basis of a good performance and competitiveness is the competitive marketing strategy. Success in the market is achieved by understanding and satisfying the needs of the consumer (user). Thus marketing strategy is the most important tool to improve competitiveness (Parragh 2011).

The key to success is to offer a product to the market that satisfies the market needs to the greatest extent while creating maximum customer satisfaction (Kotler és Keller 2006).

Analyzing the Hungarian broiler sector in depth, we recognized several weaknesses that have a disadvantageous impact on its competitiveness.

Keszi *et al.* (2003) considers the lack of capital and the out of date barns and equipment as the biggest problems.

Automation and the technology used in raising poultry are well below the technical level of the poultry processing industry. However there were significant developments done with the help of government subsidies.

Another problem is that the barns currently in use were not built based on the needs of the given animal species. It is necessary to modernize at least 50% of the barns in order to increase competitiveness.

Troján *et al.* (2008) conclude that the profitability of broiler production mainly depends on cost efficiency. The almost only available way to increase profitability is the decrease of production costs. A basic objective is to optimize the housing conditions (litter, number of birds, etc.) and housing equipment (ventilation, fodder supply equipment, etc.), with special attention to the energy costs since by the decrease of this latter cost significant cost reduction can be realized in broiler production.

Földi (2007) draws the attention to another weakness of the sector, the decreasing profitability that is also reducing competitiveness. This can be explained by the ever increasing prices of fodder.

Popp (2007) explains the lower competitiveness of the sector by the lower overall and natural performance indicators in comparison with international figures.

Specialists consider the gaining and keeping of a competitive advantage over the competitors as the most important task of a marketing strategy. Instead of comparative advantages, Porter (1993) highlights the role of competitive advantages against the competitors that serve as the analysis of corporate competitiveness (for instance a cost advantage based on innovation). The current study deals with two broiler fodder supply equipment distributors (company "A" and "B") and shows the aspects influencing their marketing strategies. It also gives insight into the ranking of the factors having the greatest influence on decision making during the sales of fodder supply equipment based on both the distributors' as well as the users' (eight broiler farmers) assessments. From the results, we drew conclusions regarding their competitiveness.

The main aim of this study is to answer the hypotheses phrased before starting the research. One part of the examinations aimed at the verification of the hypothesis stating that: *marketing and the related expenses spent on the activities of the national distributors involved in the sales of fodder supply equipment differ at the companies showed that their impact on the profitability of the companies is significant.*

Another part of the research done in connection with the analysis of the marketing activities and marketing strategies of the two broiler fodder supply equipment distributors aimed at the assessment of the main aspects of the marketing strategies, assuming that: *there are differences in the use of marketing communication tools at these two companies but both of them consider personal sales as one of the most important.*

Further research was done to see what factors play an important role in the decision making of broiler farmers when purchasing fodder supply equipment, supposing that: *broiler farmers consider price as the most crucial factor whereas distributors believe that the expertise and persuasion of the sales person have the greatest influence on the buyer's decision.*

MATERIALS AND METHODS

The research of four years (2007–2011) was carried out in two directions in order to gain profound information about both key market players (distributors and end users) and about their motivations and preferences. However, the distributors form their marketing strategies primary based on their own preferences. They can only become competitive if these are closely linked to the expectations of the end users concerning the product. One important question was to clarify to what extent the preferences of the two market players meet, namely: are the distributors aware of the needs of the users and are they taking those into consideration in their sales activities?

The national broiler fodder supply equipment market consists of several distributors (two larger and various smaller ones) selling the products of foreign manufacturers. The distributors selling the products of the manufacturers Roxell and Big Dutchman are market leaders, covering more than two-third of the national market together. That is the reason that these two distributors were involved in the research. The research included several interviews of experts and the filling in of questionnaires during face-to-face interviews by the CEOs and marketing managers of the distributors. The interviewed managers did not agree to publish the names of their companies (due to confidential data protection). Therefore herein after they are referred to as companies "A" and "B".

The expert's interviews had a previously set up structure discussing six topic areas: (1) the history of the company; (2) general data of the company (number of employees, revenue, marketing costs, etc.); (3) clients (features, number, size, etc.); (4) sales and operation (marketing activity, price, quality, logistics, services, etc.); (5) partnership with the foreign supplier (communication, deliveries, assistance, etc.); (6) key to success (main aspects of success, future vision, unique selling points, etc.).

Parallel to the expert's interviews at the distributors, we have carried out surveys at eight broiler production units in order to find out how they evaluate the broiler fodder supply equipment used at their farms as well as to get to know to what extent the marketing strategies of the distributors satisfy their expectations. To ensure the close link to the results of the research gotten at the distributors, we have selected the broiler production units based on the following criteria: (1) the broiler production units use broiler fodder supply equipment sold by one of the two distributors; (2) the equipment at the broiler production units differ by the year of purchase; (3) the broiler production units are distinct in terms of production volume (number of birds), production standards and years of existence.

The research covered four years also at the broiler production units and was carried out by the filling in of questionnaires by the managers of the farms during face-to-face interviews. The questionnaires included questions classified into four groups: (1) general data (size of the chicken house, number of birds, production data, etc.); (2) main economic data (production costs, revenue, income); (3) description of fodder supply equipment (type of drinking and feeding system, purchase price, etc.); (4) evaluation of the feeding and drinking system (technical solution, reliability, spare parts supply, guarantee, available service background, price, etc.). The evaluation was done by the use of a 1–5 interval scale. The assessment of the information collected by the interviews and questionnaires was done by mathematic statistical methods, by the calculation of correlation and by the use of SWOT analysis.

RESULTS

The revenue of the companies is not only influenced by the distributors themselves but also by the market to a great extent. The revenue highly depends on the existing demand for the product, on the success of sales, on the price of the product, etc.

Based on the calculations done, it can be seen that if the data of the two distributor companies (that represent together two-thirds of the broiler fodder supply equipment branch) are examined together, there is a stronger than medium relation ($r = 0.68$) between the marketing costs and income, which can be expressed by a quadratic curvilinear regression. The correlation between the marketing costs and revenue is even stronger, the coefficient of correlation is $r = 0.77$ in the examined companies.

The *hypothesis* phrased at the beginning of the examinations *stating that: marketing and the related expenses spent on the activities of the national distributors involved in the sales of fodder supply equipment are differently emphasized by the companies but their impact on the profitability of the companies is significant – is partially correct*. However, the examination did not prove a significant correlation among marketing costs and income as well as revenue. Yet the calculations of correlation show a stronger than medium correlation with regard to the examined input (marketing cost) and output (revenue and earnings) factors. Thus there is a stronger than medium effect between the marketing expenses and profitability.

On the whole it can be concluded that marketing costs are expenses that generate a positive effect from the economic point of view as they have an advantageous impact on both the revenue and earnings.

Processing and comparing the answers given by the distributors to the questionnaire meant in depth analysis of various fields.

Figure 1. shows the comparison of the following four areas key to success in their sales activities based on the evaluation of the distributors:

- evaluation of the quality of partnership with the foreign broiler fodder supply equipment supplier;
- emphasis put on marketing within the organization;
- evaluation of the services provided by the distributor;
- evaluation of the technical parameters and quality of the distributed products.

The survey examined the perception of the role of marketing within the company. *Figure 1.* shows that there is a difference between the self-assessment of company "A" and "B", namely that marketing has a higher emphasis in company "B". The overall ranking of marketing is behind the ranking of technical parameters and service in both of the companies.

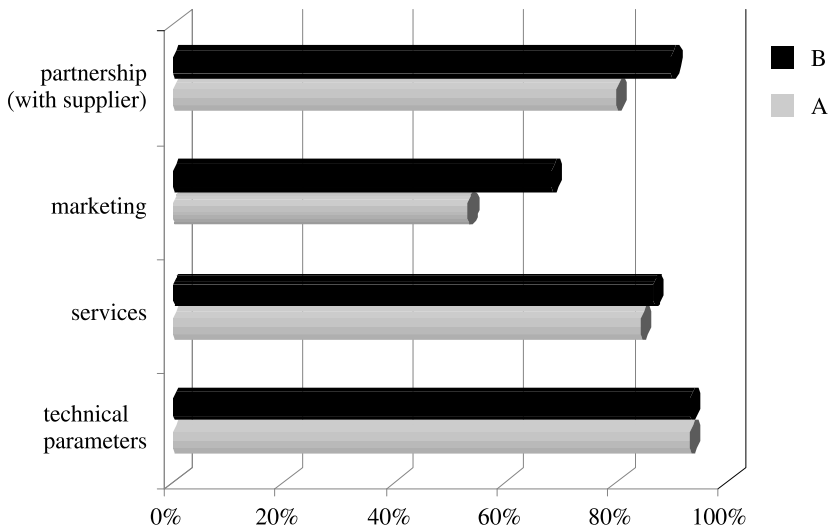


Figure 1. Comparison of company "A" and "B" based on the four examined areas

One reason could be that the distributed products are basically technical equipment where technical parameters are decisive together with the related services offered. The role of marketing is less important in the sale of broiler fodder supply equipment than in the traditionally marketing-driven sales of fast moving consumer goods.

Another factor that influences the marketing activity of these two companies is the kind of partnership with the foreign broiler fodder supply equipment supplier.

One part of marketing is marketing in business markets where an important relation type is the interactive business relationship between the supplier and the distributor which determines the procurement behavior of the organization, namely the partnership between the supplier and the distributor. The "partnership" factor shown in *Figure 1*. is the quality of the partnership between the foreign broiler fodder supply equipment supplier and the distributor, based on the perception of the distributor.

The most interesting conclusion that can be drawn from *Figure 1*. is that there seems to be a close link between the quality of the partnership between the supplier and the distributor as well as the perception of the role of marketing within the organization. However, this result is not quite surprising if we keep in mind that the role of marketing is crucial in business relations, especially if we agree with the modern concept of marketing in business markets. Company "B" having an exclusive distribution right has a closer partnership with its foreign supplier (manufacturer) than company "A" which is not a sole distributor. Overall marketing and the applied marketing strategy has a bigger emphasis in company "B", which can also be explained by the closer business relation. It can be best illustrated by the fact that here the foreign manufacturer and the exclusive distributor defined their marketing strategy together. The "partnership" factor scored lower than "Technical parameters" and "Services" but was ranked higher than "Marketing". This also means that both companies consider the quality of the partnership with their business partners much more important than the overall role of marketing within the company.

Figure 2. shows the scores given for the elements of the analysis regarding the partnership of the two companies with their foreign broiler fodder supply equipment suppliers.

According to the managers' self-assessment, the quality of the partnership between company "B" and its supplier is closer than it is between company "A" and its supplier. Company "B" ranked all elements of the business relationship higher than company "A" with the exception of the overall quality of overall contact keeping as well as the innovation activity of the supplier.

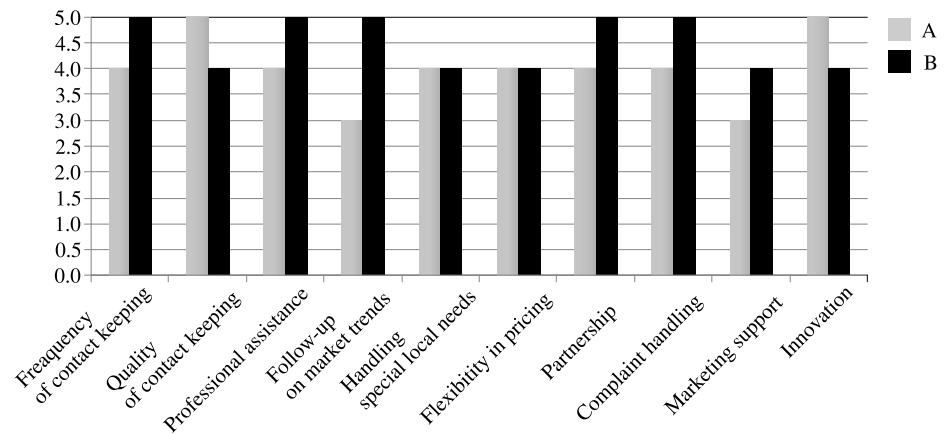


Figure 2. Factors influencing the business relation of companies "A" and "B" with their foreign suppliers

It is interesting that company "B" is not very satisfied with the overall contact keeping although it has a closer business relation and a better partnership through a fruitful cooperation with its supplier. The reason is that the foreign colleagues are not always available to answer technical questions quickly or their speed in answering is below the expected level. Company "B" gave a lower score for the innovation activity of its supplier than company "A" did, which suggests that the core strategy of the two foreign manufacturers differs. The supplier of company "A" is a manufacturer putting the emphasis on product development and innovation whereas the supplier of company "B" is a company that focuses on the marketing of its products.

The evaluation of the technical parameters and overall quality of the distributed products is shown in *Figure 1*. where both companies ranked the technical parameters of their products as high and of exceptional significance.

When comparing each element of the evaluation, we get a more diverse picture.

Regarding reliability, overhaul and easy installation, there seems to be no difference between the distributed products. However, company "A" ranked its product higher for durability, price/value ratio and product range, whereas company "B" scored higher for elements like general quality of the product, ability to be cleaned and general operational costs.

Figure 3. compares the ranking of the elements.

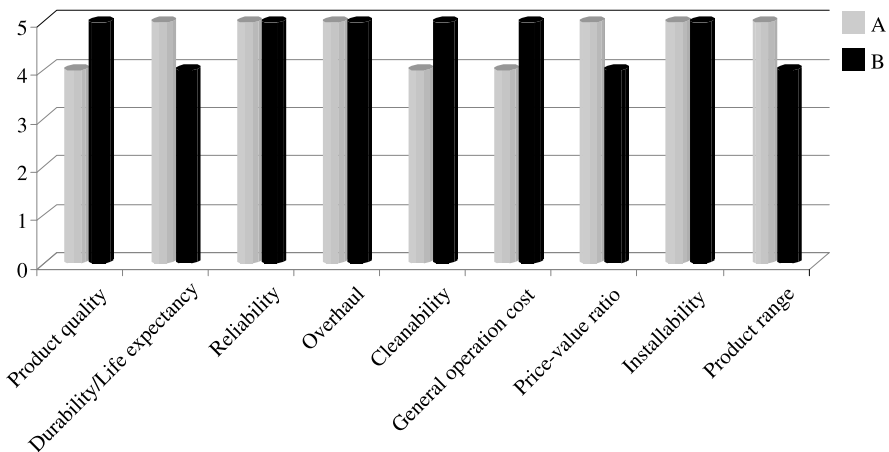


Figure 3. Comparing the elements of technical parameters in the two companies

The research also examined the marketing communication strategy of the two companies. *Figure 4.* shows that personal sales and reference farms are the most important for both companies.

The interviews of experts with the managers of the companies confirmed that the reliability of the sales person and personal relation with the partners is the key to success. The business relation does not stop after sales but also includes continuous follow-up, consultancy and

providing professional information. Company "B" puts an especially great emphasis on the education of its partners by the professional assistance given during the sales activity, by publishing technical articles, by sending DM letters about the newest technical developments, by giving online consultancy, by publishing guides and useful information on its website as well as giving professional assistance at business fairs.

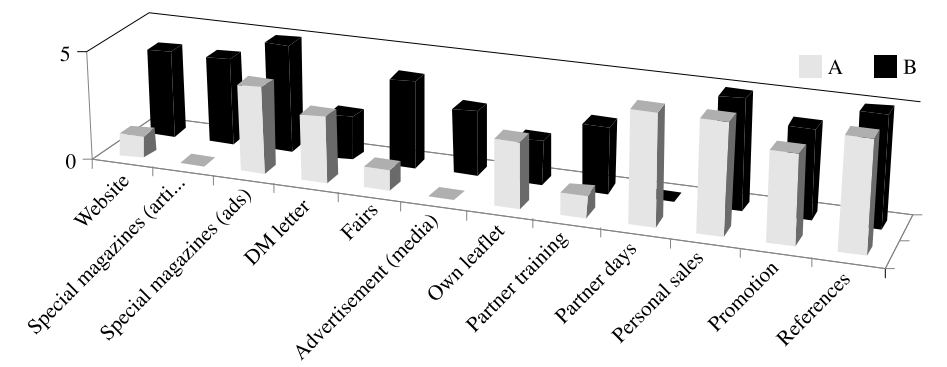


Figure 4. The applied marketing communication tools and their importance in the two companies

Figure 4. shows that company "A" uses limited marketing communication tools. It organizes "partner days" where the invited foreign suppliers (manufacturers) and the representatives of the national distributor give presentations on the latest innovations to the invited partners. Another advantage of this professional event is that the invitees can interact with one another, may exchange their experiences, may gather information from other farmers and can compare their own performance with others (benchmarking). Due to its interactivity, it is considered a better professional assistance method than the one-way informative publications used by other companies.

The use of their own leaflets is more important at company "A". The reason is that representing six foreign suppliers, company "A" is present in the market under its own name with their own leaflet whereas company "B" (being an exclusive distributor) uses the translated leaflet of their only supplier.

Besides personal sales, both companies highly ranked the role of reference farms during their assessment. The reason is that reference farms give the opportunity for potential buyers to see the technology in operation and to discuss the experiences of the operators and hear their objective opinions. The establishment of reference farms poses several special requirements. Besides modern technology, the basic requirements are: proper operation, profound expertise of the operator to run broiler production at its optimum as well as compliance with all current farming regulations.

Based on the results, our hypothesis is correct in stating that despite differences in the use of marketing communication tools at the examined companies, both consider personal sales as one of their most important tools.

The other main area of the primary research dealt with the users (broiler farmers), examining their decision making process, the preparation of the decision, the aspects influencing the decision as well as their requirements for the broiler fodder equipment.

Managers of eight broiler farms participated in the primary research and provided us with the necessary information by filling in questionnaires during the interviews.

From the interviews and questionnaires it turned out that investing in automation and modernization of broiler farms depends mainly on the availability of government subsidies. If there is a chance to obtain a government subsidy, the investor (broiler farmer) decides to go ahead; if there is no available subsidy, the investment is postponed. The subsidy is in close relation with the investment costs (e.g. price of the product) as it has a significant impact on the investment costs.

The government subsidy was not included among the factors influencing decision making because it is a factor standing "above" all other factors.

Figure 5. shows that seven factors (excluding government subsidies) were identified that have an especially great influence on the investments to purchase broiler fodder supply equipment. Figure 5. shows the importance of each parameter percentagewise based on the perception of the users.

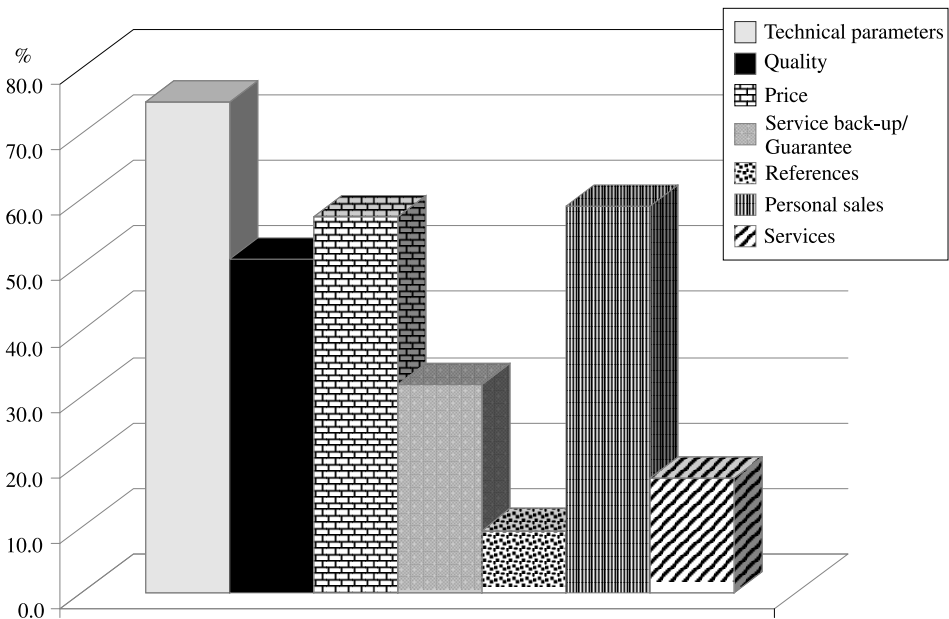


Figure 5. Factors influencing the decision making of investors with their ranking

During the selection of the technology, *the most important criterion is the technical performance of the product* which includes the feeding and drinking space required for the product, the possibility of minimizing fodder waste, the anti-stick coating on the inner hopper plates of the feed bin, etc.

The second most important factor in the ranking is personal sales based on the answers of the broiler farmers. The quality of the business relation between the distributor and the client, especially the trust in the sales person (expertise and creditability) and often previous business experience play a crucial role in the purchase process.

The *price* of the product as an influencing factor *got almost the same % value as personal sales* so it is just as important as personal sales during the technology purchase. Price includes elements like the price-value ratio of the product or the payment conditions offered by the distributor and evidently it does not include the availability of government subsidies.

Quality is the fourth factor in the ranking and was evaluated separately from the technical parameters by the participants of the survey. Quality represents the reliability of the product, durability, chance of re-purchase of the equipment.

The remaining three factors are far behind the other four elements. It is surprising that the service back-up/guarantees related to the product, the services offered as well as the importance of reference places were ranked much lower by the managers of the broiler production units. The reason could be that these high quality technical products are less likely to have defects, and so the significance of warranties and availability of 24 hour service is less important.

Services related to the realization of the investment play a less significant role in the decision making process according to the managers of the broiler farms. When searching for an explanation, it turned out that they thought it was part of the "personal sales", element meaning that the sales person and the services offered by the distributor are considered as one joint element. Under "services" the services of the manufacturer were meant, which play a less important role in the decision making.

On the basis of these results, the hypothesis that *broiler farmers consider price as the most crucial factor whereas distributors believe that the expertise and persuasion of the sales person have the greatest influence on the buyer's decision making – is not correct regarding the opinion of the broiler farmers but is correct concerning the distributors' judgment.* The broiler farmers' decision to invest is primarily based on the availability of government subsidies and the technical parameters of the product. This also confirms the expectation of the distributors who ranked personal sales as the most decisive factor. Given the fact that we are dealing with the sales of technical equipment, it is understandable that the technical parameters dominate in the decision making of broiler farmers during the purchase of new equipment.

During the research, it was interesting to see how the decision makers ranked the priority of the seven identified factors.

Figure 6. shows the percentage distribution within each element, what percentage of the interviewed persons ranked an element of first, second, third or lower priority.

While 44% of the interviewees found technical parameters as the most important factor, only 11% of them chose quality, price or services/warranties as the most crucial one. Personal sales got a better ranking since 22% of the interviewees considered it as their first priority. All of the interviewees put technical parameters as their first to third priority, whereas price was typically ranked as a fourth priority but not lower. Personal sales generally came second in the priority ranking but it has a larger spread than price.

Surprisingly, services are low in the ranking: only 22% of the interviewees thought it was their fourth priority but usually it got 6th or 7th place in the ranking.

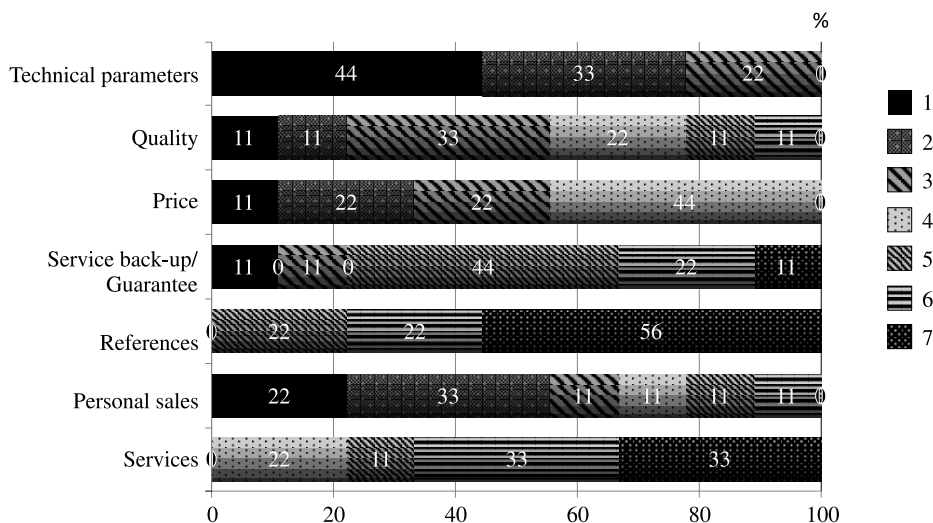


Figure 6. Distribution of the priority for each examined factor

CONCLUSIONS

Based on the results of the research carried out during a period of four years we can conclude the following:

- 1) There is a big difference in the opinion of the managers at the examined two distributors as well as the managers of the broiler production units concerning the marketing methods of the distributors.
- 2) The marketing strategy of the distributors is in close relation with the core strategy of the foreign supplier (manufacturer) and that differs significantly between the two distributors. There are, however, also similarities in their marketing: they both consider the strength of partnership, the role of personal sales and the importance of trust evenly crucial.
- 3) The main outcome of the survey done at the broiler production units is that the managers consider the technical solution (type of feeding and drinking equipment) highly determinative for the production performance of the farm; therefore they consider the technical aspect as the most important one when purchasing broiler fodder supply equipment. The connection found between the natural production indicators (animal loss %, etc.) and the technical level of the chicken house also proves the above statement.
- 4) The distributors consider personal sales, namely the expertise and persuasion of the sales person as the most important factor in influencing the buyer's decision. The technical parameters of the product were ranked second, which shows that it is also an important aspect from the distributors' point of view.

- 5) The most surprising finding of the research is that the end users ranked price only in the third place in their decision making, which is an important aspect for the distributors when setting their prices.
- 6) The results of the research carried out parallel at the distributors and end users convinced us that there are some elements in the distributors' marketing strategies that could be improved in order to become more competitive. For instance it would be recommended for them to emphasize the technical performance of the products even more and strengthen the tools that would serve that purpose.
- 7) It turned out from the calculation of correlation for the data (marketing costs, revenue, earnings) provided by the distributors that marketing costs have a stronger than medium impact on revenue and earnings. Therefore it can be concluded (and even recommended) that by increasing the marketing expenditures used for the right purpose (matching the needs of the end users), the revenue and the earnings of the company could be increased to a certain extent.

A versenyképességet befolyásoló marketingtevékenység főbb tényezői a brojler takarmányozási eszközök piacán

BENKE HEDVIG – TENK ANTAL

Nyugat-magyarországi Egyetem
Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar
Gazdaságtudományi Intézet
Mosonmagyaróvár

ÖSSZEFOGLALÓ

A témaválasztás egyik alapvető tényezője (indoka) az volt, hogy a magyarországi (hazai) állattenyésztésen belül a brojlerhízlalás jelenti azt a kivételt, amelyik az utóbbi évtizedben meg tudta tartani termelési volumenét, sőt, kismértékben még növelni is tudta azt. A másik fontos szempont az volt, hogy a korszerű, versenyképes termelés ma már szinte az automatizálás szintjére fejlesztett műszaki berendezéseket (etető és itató eszközöket) igényel. Ha a termelési volumennövekedés mellett figyelembe vesszük azt is, hogy a brojlertermeléssel foglalkozó hazai vállalkozások (telepek) mintegy 50%-ánál a berendezések műszaki állapota nem felel meg a korszerű követelményeknek, akkor belátható, hogy az ágazat további termelésbővülése és a korszerűtlen eszközök kényszerű cseréje együttesen komoly potenciális lehetőséget jelent a takarmányozási eszkögyártók és forgalmazók számára. Ez a lehetőség azonban csak abban az esetben tud realizálódni, ha a piaci feltételeknek (lehetőségeknek, illetve elvárásoknak) a piac szereplői (forgalmazók és felhasználók) igyekeznek maximálisan megfelelni. Ez a megfelelés a forgalmazók részéről a korszerű eszközök kínálata mellett versenyképes marketingstratégiát, a felhasználók

részéről pedig a fizetőképes kereslettel társuló világos (és reális) elvárást jelent a szóban forgó eszközök vonatkozásában.

Az előzőekben leírtak figyelembevételével elvégzett, több évre kiterjedő kutatások annak vizsgálatára irányultak, hogy (1) a külföldön gyártott brojlertakarmányozási eszközöket Magyarországon forgalmazó cégek által alkalmazott piaci marketingstratégiák miben különböznek egymástól; (2) a brojlerhízlaló gazdaságok piaci viselkedését (vásárlási hajlandóságát) mely tényezők befolyásolják; (3) a forgalmazók marketingstratégiája (alkalmazott módszerek és marketingköltségek) milyen mértékben befolyásolják a forgalmazók árbevételét és értékesítési eredményét? Abból indultunk ki, hogy e három tényező ismerete – a piaci versenytársak jobb megismerésén keresztül – segíthet a változó piaci viszonyokhoz történő jobb alkalmazkodásban.

Ahhoz, hogy a megjelölt célokat megvalósíthassuk, négy évre (2007–2010) kiterjedő felméréseket végeztünk a hazai vonatkozásban két legnagyobb takarmányozási eszközforgalmazó cég, valamint nyolc brojlerhízlaló gazdaság bevonásával. Az előbbieket két világcég (Roxell és Big Dutchman) termékeinek hazai kizárólagos forgalmazói, akik hosszú évek óta a Magyarországon eladott ilyen eszközöknek együttesen a 70%-át teszik ki. A két cég első számú vezetőitől és a marketingmunkáért felelős szakembereitől mélyinterjú alapján nyert – valamint a nyolc brojlertartó gazdaságból kérdőíveken összegyűjtött – információk alapján megállapítható, hogy a piac két oldalán álló szereplők eltérően ítélik meg a marketingstratégia egyes tényezőinek szerepét, illetve befolyását a marketingkommunikáció hatékonyságára. Amíg a forgalmazók a személyes kapcsolatokat (közvetlen eladást) rangsorolták első helyre, addig a felhasználók az eszközök műszaki tartalmát (megbízhatóság, élettartam stb.) ítélték legfontosabbnak. Ami a felmérések igazi meglepetése: a felhasználók a termékek árát csak harmadik legfontosabbként említik, ami a forgalmazók árképzése során nem elhanyagolható szempont.

A marketingtevékenység jövőbeni alakítása szempontjából az sem lényegtelen, hogy a marketingköltségek hogyan hasznosulnak. A vizsgált időszakban közepesnél erősebb kapcsolat mutatkozott a forgalmazó cégek éves árbevétele és értékesítési eredménye (nyeresége), valamint a marketingre fordított kiadások között. A költséghatékonyság javítható lenne azáltal, ha a forgalmazók pontosabban ismernék a felhasználók elvárásait és azokhoz az eddigieknél jobban alkalmazkodnának. Mindezek együttesen javíthatnák a termékforgalmazók piaci versenyhelyeit.

Kulcsszavak: piaci versenyképesség, marketingkommunikáció, termékparaméterek, vásárlói döntések, marketingköltségek hatékonysága.

REFERENCES

- Földi P. (2007): Baromfiágazat helyzete és jövője a magas tartási és takarmányozási költségek árnyékában. (Current situation and future of the poultry sector in the shadow of the high operation and fodder costs.) „Ágazatspecifikus innováció alapuló projektek generálása a baromfiágazatban” interaktív konferencia, Debrecen, 2007. április 26. 50–59.
- Keszi A. – Csorbai A. – Jankovics P. – Kalmár S. (2003): Az integrált brojlerhús előállítás pénzügyi problémái Magyarországon. (The financial problems of the integrated broiler meat production in Hungary.) „Agrárgazdaság, vidékfejlesztés és agrárinformatika az évezred küszöbén” AVA konferencia. 2003. április 1–2. 1–11.
- Kotler Ph. – Keller K. L. (2006): Marketingmenedzsment (Marketing Management). Akadémiai Kiadó, Budapest. 75–153.
- Parragh B. (2011): Marketingstratégia vállalati versenyképességhez való hozzájárulása, Marketingstratégiai javaslatok szekunder és primer piackutatás alapján. (The contribution of marketing to the corporate competitiveness, marketing strategic recommendations based on primary and secondary market research.) Óbudai Egyetem, Keleti Károly Kar, Vállalkozásmenedzsment Intézet. (http://kgk.uni-obuda.hu/sites/default/files/01_Dr.%20Parragh%20Bianka.pdf; utolsó letöltés ideje: 2012. 06. 30.)
- Popp J. (2007): A baromfiágazat jelenlegi helyzete és jövőbeni kilátásai. (Current situation and future perspectives of the poultry sector.) „Ágazatspecifikus innováció alapuló projektek generálása a baromfiágazatban” interaktív konferencia, Debrecen, 2007. április 26. 18–29.
- Porter, M. E. (1993): Versenystratégia (Competitive strategy). Budapest, Akadémiai Kiadó.
- Troján Sz. – Kovácsné Gaál K. – Tenk A. (2008): A termelés technológia tényezőinek befolyása a brojlersirke-hízlalás jövedelmére, (The impact of the factors of production technology on the profitability of broiler production), *Animal welfare, etológia és tartástechnológia*, **4**, (3) 191–206.

Address of the authors – A szerzők levélcíme:

BENKE Hedvig
Nyugat-magyarországi Egyetem
Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar
Gazdaságtudományi Intézet
H-9200 Mosonmagyaróvár, Vár 2.
E-mail: hercegnol1@yahoo.com

TENK Antal
Nyugat-magyarországi Egyetem
Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar
Gazdaságtudományi Intézet
H-9200 Mosonmagyaróvár, Vár 2.
E-mail: tenka@mtk.nyme.hu



Funkcionális élelmiszerek – fogyasztói, vásárlói preferenciák

NÉMETH-T. ANETT – VINCZE-TÓTH JUDIT – HEGYI JUDIT – TROJÁN SZABOLCS

Nyugat-magyarországi Egyetem
Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar
Gazdaságtudományi Intézet
Mosonmagyaróvár

ÖSSZEFOGLALÁS

A funkcionális élelmiszerek, mint hozzáadott érték-többlettel rendelkező termékek napjainkban a világ élelmiszeriparának innovatív termékei, amelyet a folyamatosan növekvő piaci részesedésük is alátámaszt. Ennek tükrében a funkcionális élelmiszerek egészséges táplálkozásban betöltött szerepe nem vitatható.

Kutatásainkat a HU-SK 09/01/1.2.1/0010. „Funkcionális élelmiszerek regionális forrásból” című pályázat keretein belül végeztük. A projekt regionális lehatárolás szempontjából Győr-Moson-Sopron, Komárom-Esztergom, Pest megyét és Budapestet foglalja magába. A vizsgálat tematikájának kidolgozása során célul tűztük ki – a projekt kiírásával összhangban – a funkcionális élelmiszerek vásárlói megítélésének és ismertségének, valamint fogyasztási sajátosságainak feltárását.

A vizsgálatokhoz a marketingkutatás nemzetközileg is elismert primer adatgyűjtési módszere került felhasználásra, melynek keretében a kutatómunka kvantitatív vizsgálaton, azon belül is a személyes kérdőíves megkérdezésen alapult.

A felmérés eredményei alapján megállapítható, hogy zömében a kevés vagy hiányos információ az indoka a funkcionális élelmiszerek elutasításának, mivel a funkcionális élelmiszereket ismerők és fogyasztók körében a napi fogyasztás a leginkább jellemző. Akik tehát tisztában vannak ezen termékek kedvező hatásaival, azok napi szinten illesztik be ezeket az étrendjükbe.

Kulcsszavak: funkcionális élelmiszer, bioélelmiszer, fogyasztói szokások, vásárlói preferenciák, piackutatás.

BEVEZETÉS, IRODALMI ÁTTEKINTÉS

A táplálkozás és az emberi megbetegedések közötti kapcsolatot a tudomány egyre inkább feltárja. Egyes táplálék-összetevők hiánya, vagy többlete miatt a kiegyensúlyozatlan étrend számos betegség forrása (pl.: keringési rendszer betegségei, cukorbetegség, elhízás, rák) lehet (WHO 2003).

Az élelmiszeriparban, az élelmiszerek fejlesztésében számos innovációs trend bontakozott ki. Ezek közé tartozik a funkcionális élelmiszerek koncepciója, ami az élelmiszerek egészségre gyakorolt kedvező hatásainak biztosításával igyekszik meggyőzni a fogyasztóit. A társadalmi trendek vonalán az egészség új értelmezésével ma már nem a betegségek legyőzése, hanem az egészség fenntartása jelenti azt a célt, aminek érdekében egyre több új piac és piaci rés nyílik meg (Törőcsik 2006).

A *funkcionális élelmiszer* fogalmának meghatározására – a fogalom komplexitásából adódóan – jelenleg többféle koncepció is létezik, még az ezzel foglalkozó szervezetek definíciója is eltér egymástól.

Eddy (1986) szerint funkcionális élelmiszernek tekinthető minden olyan táplálék, illetve táplálék-összetevő, amely a hagyományos tápértéke mellett valamilyen kedvező élettani hatással rendelkezik. Ezen meghatározás lényegi elemei visszaköszönnek a következő definícióban is, miszerint „funkcionális élelmiszer minden olyan táplálék vagy táplálék-összetevő, amely a hagyományos tápanyagokon kívül egészségre hasznos anyagot, illetve anyagokat is tartalmazhatnak” (IOM-FNB 1997). Childs és Poryzees (1998) féle megfogalmazás szélesíti a meghatározás spektrumát, mivel a szerzők mindazon termékeket, amelyek bármilyen speciális pozitív hatással vannak az emberi szervezetre táplálék-gyógyszernek vagy tápgyógyszernek (nutraceuticals/nutritional foods), gyógyhatású élelmiszernek (pharma food/medical foods), designer élelmiszernek (designer foods), vagy szuperélelmiszernek (super foods) nevezik. Sok esetben azonban az ilyen típusú táplálékokat összefoglalóan funkcionális élelmiszerekként emlegetik. Tulajdonképpen sok mindennapi élelmiszer tekinthető funkcionálisnak, hiszen tartalmaznak olyan komponenseket, amelyek megfelelnek az előbbi kritériumoknak. Schenker (1999) tanulmányában nyomatékosítja, hogy döntő szempont az is, hogy a funkcionális összetevők megtalálhatóak legyenek a már addig is szokásosan fogyasztott élelmiszerekben, és ezek élettani hatását alapos, átfogó tudományos eredményekkel bizonyítsák. A funkcionális élelmiszerek csak az egészséges étrenddel és életvitellel összefüggésben értelmezhetők, nem egészségmegőrző vagy betegségmegelőző csodaszerek.

Európában a European Commission Concerted Action on Functional Food Science (FuFoSE-Group) 1999-ben az alábbi definíciót javasolta: „Az élelmiszer akkor tekinthető funkcionálisnak, ha a megfelelő táplálkozás-élettani hatásokon túlmenően, a szervezetben egy vagy több funkcionál kimutatható pozitív hatása van, ami a jobb egészségügyi állapotban, kedvezőbb közérzetben és/vagy egyes betegségek kockázatának csökkenésében mutatkozik meg.” Bíró (2004) a definíciójában az egészségügyi hatásra fókuszál, miszerint a funkcionális élelmiszerek olyan módosított élelmiszerek, amelyeknek egészségügyi hasznuk van, összehasonlítva a nem módosított termékekkel. Holm (2004) szerint a megfelelő élelmiszer-összetevők felhasználásával „megszerkesztett”, egészségi hasznot eredményező élelmiszereket nevezzük funkcionális élelmiszereknek. Ezzel szemben Szakály és Schäffer (2006) úgy vélekedik, hogy: „Minden olyan, bármilyen természetes, vagy iparilag előállított élelmiszer, amelyek a benne lévő tápanyagokon túl egy, vagy több úgynevezett bioaktív (fokozottan egészségvédő) anyagot is tartalmaz.” A funkcionális élelmiszerek

lehetnek természetesek (pl.: a vörösbort, az alma és a zöld tea, melyek eredendően jelentős mennyiségű bioaktív anyagot tartalmaznak) és lehetnek fejlesztettek (iparilag tervezettek). Az ILSI Europe (International Life Science Institute) már a jóllét fogalmával is bővíti a meghatározást, miszerint funkcionális élelmiszer az, amelynek egy vagy több egészség-funkcióra való kedvező hatása a táplálkozási hatás mellett bizonyított, így az relevánsan kapcsolódik az egészség, a jóllét megőrzéséhez és/vagy a betegségek kockázatának csökkentéséhez (*Lehota és Komáromi* 2008).

Holm 2004-ben megfogalmazott definíciója bizonyos későbbi értelmezésekkel összecseng, miszerint a funkcionális élelmiszer feldolgozott, illetve átalakított (összetevő(k) megváltoztatása) kell hogy legyen, így e meghatározásban a feldolgozatlan élelmiszer nem sorolható be. Olyannyira nem egységes a szakemberek álláspontja, hogy egyes megfogalmazások kizárják a nyers élelmiszereket (zöldség, gyümölcs) e kategóriából, míg mások beleveszik. A szerzők tanulmányában az is olvasható, hogy a funkcionális élelmiszerek először Japánban jelentek meg az 1930-as években. Szerepük az 1980-as években értékelődött fel nagyobb mértékben, elsősorban a demográfiai és közegészségügyi helyzet trendjei, másrészt a meglehetősen erős kormányzati elköteleződés – amely támogatott kormányprogramokban öltött testet – következtében. Keresletének jelentős (mérhető) növekedése pedig az 1990-es évektől fogva indult meg (*Lehota és Komáromi* 2008).

Ennek a hazai vonatkozásait *Biacs* (2006) előadásában említi meg, miszerint a magyar lakosság alig 16%-a táplálkozik egészségtudatosan a táplálkozástudományi útmutatók szerint és veszi figyelembe az élelmiszerek egészségmegőrző funkcióját. Előnye az ilyen gyógyhatású élelmiszernek, hogy az amúgy is szükségszerű evés élvezeti funkciójának megtartása mellett, védőanyagokat juttat az emberi szervezetbe. A magyar népesség sajnálatos módon élenjáró a szív- és érrendszeri megbetegedések területén (nemcsak Európában, hanem a világban is), ezért a marketing szakemberek számára ez bizonyos tekintetben kedvező állapotot eredményez, hiszen azt, akit betegség „fenyeget”, könnyebben meg lehet győzni arról, hogy fogyasszon funkcionális élelmiszert. A felelősségtudat kiemelésének éppen ezért van jelentősége a funkcionális élelmiszerek marketingkommunikációjában. *Szakály* (2009) legfontosabb célkitűzése az egészségmegtartás és a funkcionális élelmiszerek fogyasztása közötti kapcsolat feltárása volt, amelyet egy országos reprezentatív fogyasztói felmérés keretében valósított meg. Az eredmények szerint a megkérdezettek 96%-a pontosan tudja, hogy a két vezető halálok Magyarországon a daganatos, illetve a szív- és érrendszeri betegség. A megkérdezettek több mint 70%-a értett egyet azzal, hogy a funkcionális élelmiszerek nem helyettesíthetik az egészségtudatos étrendet, de részei lehetnek a változatos táplálkozásnak. Kutatási eredményei alapján megállapítja, hogy Magyarországon a közeli jövőben a magatartásirányításba vetett hit erősítése kulcskérdéssé válik. Ha a fogyasztók elhiszik, hogy saját maguk is képesek irányítani sorsuk alakulását, akkor nagyobb az esélye annak, hogy konkrét lépéseket fognak tenni egészségük megóvása érdekében. Ellenkező esetben konzerválódnak a hagyományos táplálkozási szokások, a fogyasztók továbbra is irracionális döntéseket hoznak, a lakosság egészségi állapota pedig nem fog érdemben javulni.

ANYAG ÉS MÓDSZER

Kutatásainkat a HU-SK 09/01/1.2.1/0010. „Funkcionális élelmiszerek regionális forrásból” című pályázat keretein belül végeztük. A projekt regionális lehatárolás szempontjából Győr-Moson-Sopron, Komárom-Esztergom, Pest megyét és Budapestet (továbbiakban: vizsgált régió) foglalja magában.

A téma szakirodalmának áttekintését követően két hipotézist fogalmaztunk meg:

1. A funkcionális élelmiszerek ismertsége alacsony a hazai lakosság körében.
2. Eltérőek a nők és a férfiak fogyasztói, vásárlói szokásai.

A vizsgálattervezet elkészítésekor 3 lebonyolítási fázist definiáltunk, ahol is az első kvantitatív fázis – melynek eredményeit jelen cikkünkben prezentáljuk – a projektben meghatározott teljes földrajzi területet lefedte és az „átlagos fogyasztók” körében személyes kérdőíves megkérdezés keretében zajlott. Az elkészített kérdőívek jellemzően zárt kérdésekre épültek, ami jelentősen megkönnyítette a kérdőívek kiértékelését. Az alkalmazott módszer elősegítette a válaszadók számára a feltett kérdések értelmezését, és ennek köszönhetően a kapott eredmények jól szemléltetik a megkérdezett alanyok véleményét.

A kérdőív az alábbi témaköröket érintette:

- a funkcionális élelmiszerek ismeretének és fogyasztásának összefüggései,
- a funkcionális termékek kipróbálása ellen ható tényezők feltárása,
- a releváns információk csatornák feltárása,
- a funkcionalitás ár-érték arányú fogyasztói megítélésének vizsgálata.

A funkcionális élelmiszerek fogyasztási gyakoriságát két ízben is vizsgáltuk a kutatás során, ahol is a másodikat megelőzően a kérdőíven feltüntetettük a FUFÖSE csoport általunk is elfogadott definícióját, amely a következő: „a megfelelő táplálkozás-élettani hatásokon túlmenően, a szervezetben egy vagy több célfunkcióra kimutatható pozitív hatása van úgy, hogy fogyasztásával jobb egészségi állapot vagy kedvezőbb közérzet és/vagy a betegség kockázatának csökkentése érhető el”.

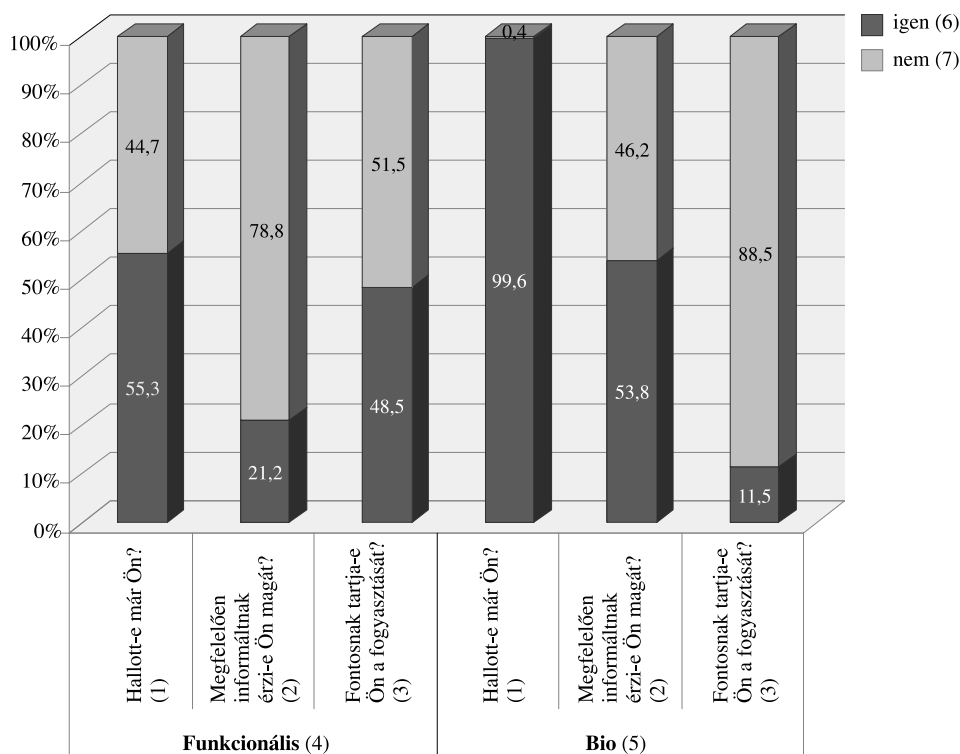
A tervezett kutatás második és a harmadik fázisa már kvalitatív módszerrel a „speciális fogyasztók” bevonásával történik, akik a bio- és funkcionális termékeket keresők és vásárlók, esetenként fogyasztók.

A mintavételi tervben 500 személy megkérdezése szerepelt Győr-Moson-Sopron, Komárom-Esztergom, Pest megyékben és Budapesten. A mintaszámot az indokolta, hogy a különböző háttérváltozók alapján képzett alcsoportok ebben az esetben már megfelelő méretűek ahhoz, hogy statisztikailag megbízható eredményeket adjanak. A válaszadók kiválasztására az úgynevezett véletlen séta („random walking”) módszerét alkalmaztuk, melynek segítségével 271 db kérdőívet sikerült kitölteni, melyből 265 tartalmazott minden szempontból értékelhető információt. Az 54%-os mutató a választott lekérdezési módszer mellett jónak mondható.

A kérdőívek kiértékelése során kapott eredmények statisztikai feldolgozása, valamint a diagramok, ábrák elkészítése a Microsoft Office Excel 2010 programcsomag alkalmazásával történt. Két arány különbségének vizsgálatára két sokasági arány összehasonlítására alkalmas kétmintás próbát használtunk, 5%-os szignifikancia szint mellett.

EREDMÉNYEK ÉS KÖVETKEZTETÉSEK

A vizsgálat tematikájának kidolgozása során célul tűztük ki – a projekt kiírásával összhangban – a funkcionális élelmiszerek vásárlói megítélésének és ismertségének, valamint fogyasztási sajátosságainak feltárását. Az 1. ábrán a kérdőív adatainak elemzése kapcsán a három feltett kérdés vonatkozásában a válaszok összesített eredménye látható. A vizsgálat során az „Anyag és módszer” című fejezetben már ismertetett módszerrel sikerült a mintába bekerülés lehetőségét véletlenszerűvé tenni annak érdekében, hogy az „átlagos fogyasztók” véleménye kerüljön rögzítésre.



1. ábra A funkcionális és a bioélelmiszerek ismertsége (%)

Figure 1. The currency of functional and organic foods

(1) Have you heard of it?, (2) Do you feel you are properly informed about it?, (3) Do you consider its consumption important?, (4) Functional, (5) Organic, (6) Yes, (7) No

Az adatok alapján megállapítható, hogy az „átlagos fogyasztók” több mint fele (55,3%) hallott már a funkcionális élelmiszerekről, a bioélelmiszerek vonatkozásában viszont ez az arány jóval magasabb (99,6%). A megkérdezettek informáltsága a bioélelmiszerek tekintetében meghaladja az 50%-ot, míg a funkcionális termékek esetében ezen paraméter

aránya 21,2%. A biotermékek fontosságának megítélése az átlagos fogyasztók körében alig több mint 10%, míg a funkcionális élelmiszerek fogyasztását a megkérdezettek mintegy fele tartotta fontosnak.

Összességében megállapítható, hogy a megkérdezettek jóval informáltabbnak érzik magukat a bioélelmiszerek témakörében, mégis a funkcionális termékek fogyasztását ítélik számottevően fontosabbnak.

A kérdőív kitért a funkcionális élelmiszerek fogyasztási gyakoriságának feltárására a definíció ismertetését követően is, amely a teljes sokaságra vonatkozóan, majd pedig nemenkénti bontásban kerül bemutatásra (*1. táblázat*). A vizsgálat adatai alapján megállapítható, hogy a megkérdezettek 81%-a nem tartozik a funkcionális élelmiszereket rendszeresen fogyasztók körébe, ezen belül az egyáltalán nem fogyasztók aránya 33%. Az eredmények alapján leszögezhető, hogy a nők nagyobb százalékban vallották magukat egyáltalán nem fogyasztóknak, míg a férfiak körében az alkalmankénti fogyasztás aránya a magasabb. Érdemes kiemelni azt a tényt is, hogy a napi rendszerességgű fogyasztás csekély mértékben ugyan, de meghaladja a hetit, míg a havi fogyasztás jellemző a legkevésbé (1%). Aki bízik a funkcionális élelmiszerek kedvező élettani hatásaiban az heti, vagy akár napi rendszerességgel is fogyasztja az ilyen típusú élelmiszereket. Az eredmények nemenkénti bontásban történő vizsgálata alapján megállapítható, hogy a férfiak és a nők között a fogyasztás gyakoriságának tekintetében nem mutatható ki statisztikailag igazolható különbség.

1. táblázat A funkcionális élelmiszerek fogyasztási gyakorisága (%)

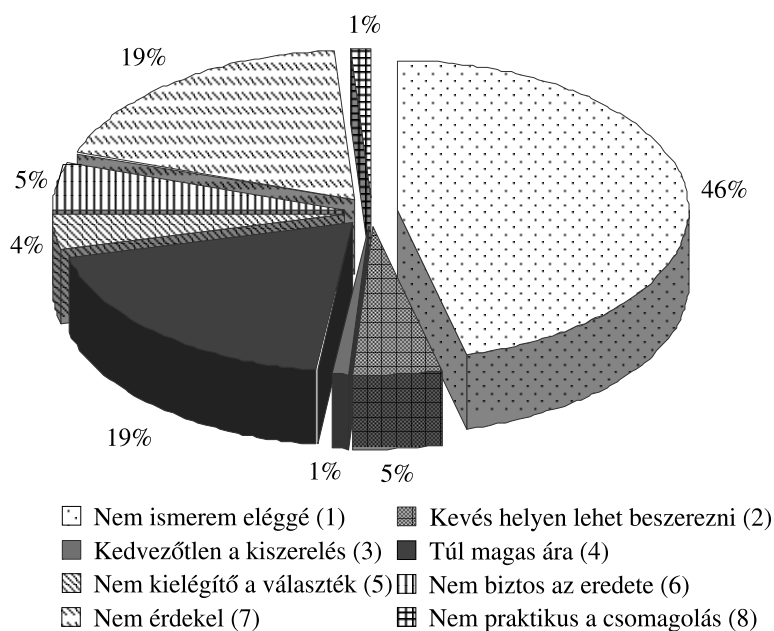
Table 1. The frequency (%) of consuming functional foods

(1) Do you consume functional foods?, (2) Not at all, (3) Occasionally,
(4) With monthly regularity, (5) With weekly regularity, (6) With daily regularity,
(7) Complete mass, (8) Women, (9) Men

	Egyáltalán nem (2)	Alkalmanként (3)	Havi rendszeres- séggel (4)	Heti rendszeres- séggel (5)	Napi rendszeres- séggel (6)
Teljes sokaság (7)					
Fogyaszt-e funkcionális élelmiszert? (1)	33	48	1,0	7,5	10,5
Nő (8)					
Fogyaszt-e funkcionális élelmiszert? (1)	35	46	0,5	7,0	11,5
Férfi (9)					
Fogyaszt-e funkcionális élelmiszert? (1)	31	50	1,5	8,0	9,5

Összességében valószínűsíthető, hogy a funkcionális élelmiszereket ismerők és fogyasztók körében a napi fogyasztás a leginkább jellemző, tehát akik tisztában vannak ezen termékek kedvező hatásaival, azok napi szinten illesztik be az étrendjükbe.

A fogyasztás gyakoriságának, rendszerességének feltérképezését követően a vásárlást és a fogyasztást negatívan befolyásoló tényezők feltárására került sor. A 2. ábra jól szemlélteti, hogy a megkérdezettek több mint fele számára nem áll rendelkezésre elegendő információ a funkcionális élelmiszerekkel kapcsolatban, ez alapján megállapítható, hogy az alacsony ismertség az elsődleges gátja a funkcionális termékek fogyasztásbővülésének. Ezt a következtetést a fogyasztási gyakoriság elemzésével nyert adatok is alátámasztják, mely szerint, aki ismeri, az fogyasztja is ezeket a termékeket.



2. ábra A funkcionális élelmiszerek fogyasztását negatívan befolyásoló tényezők (%)

Figure 2. Factors (%) influencing the consumption of functional foods negatively

- (1) I do not know it well enough, (2) It is available at few places,
 (3) Packaging is unfavourable, (4) Price is too high, (5) Choice is not satisfactory,
 (6) Origin is not safe, (7) I am not interested in it, (8) Packaging is not practical

A magas árát és az érdeklődés hiányát a megkérdezettek 19–19%-a nevezte meg, mint a funkcionális élelmiszerek piaci részesedésének növekedését akadályozó tényezőt. A vizsgálat résztvevői potenciális negatívumként értékelték továbbá a nem biztos eredetet (5%), a beszerzés nehézségeit (5%), a nem kielégítő választékot (4%), a nem praktikus csomagolást (1%) és a kedvezőtlen kiszerezést (1%). Összességében megállapítható, hogy a teljes megkérdezetti kör 65%-a esetében a kevés, vagy a hiányos információ az indoka a funkcionális élelmiszerek elutasításának, mivel az egyik kör (46%) konkrétan ezt is nevezte meg argumentumként, míg a másik kör (19%) úgy nyilatkozott, hogy nem érdekli az ilyen típusú élelmiszer, aminek egyik lehetséges oka a kedvező élettani hatások nem megfelelő kihangsúlyozása lehet.

A 2. táblázat – a saját bevallásuk szerint – funkcionális termékeket fogyasztó megkérdezettek által megnevezett információforrásokat mutatja be.

2. táblázat A vizsgált információforrások rangsora

Table 2. The ranking of the examined sources of information

(1) rank, (2) complete mass, (3) women, (4) men, (5) own motivation, (6) acquaintance's recommendation, (7) influence of the environment, (8) media, (9) doctor's recommendation, (10) doctor's and non-medical practitioner's recommendation, (11) non-medical practitioner's recommendation, (12) other, (13) dietician's recommendation

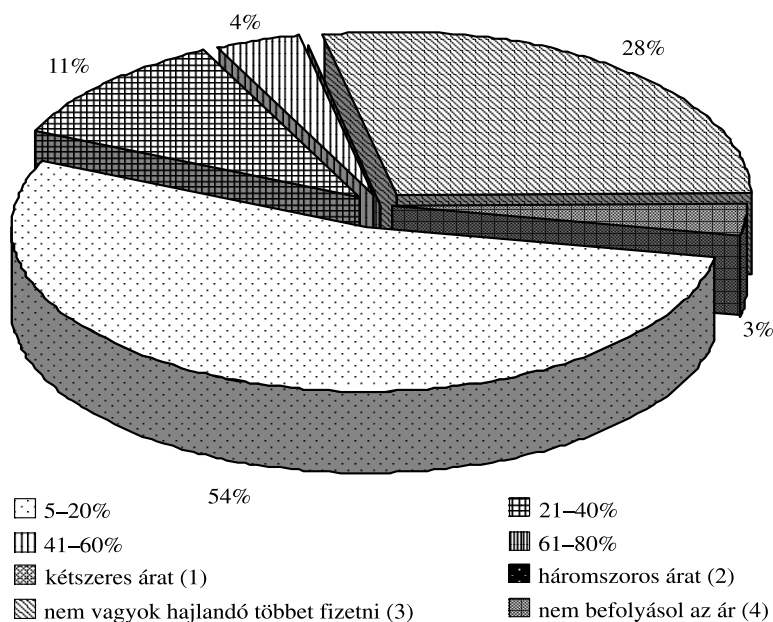
Helyezés (1)	Teljes sokaság (2)		Nők (3)		Férfiak (4)	
1.	saját késztetés (5)	34,0%	saját késztetés (5)	35%	saját késztetés (5)	33%
2.	ismerős ajánlása (6)	24,5%	ismerős ajánlása (6)	26%	ismerős ajánlása (6)	23%
3.	környezet hatása (7)	14,0%	környezet hatása (7)	17%	média (8)	18%
4.	média (8)	13,0%	orvosi ajánlás (9)	10%	környezet hatása (7)	11%
5.	orvosi ajánlás (9)	7,5%	média (8)	8%	orvos és természetgyógyász ajánlása (10)	5%
6.	természetgyógyász ajánlása (11)	4,0%	természetgyógyász ajánlása (11)	2%	egyéb (12)	3%
7.	egyéb (12)	2,0%	dietetikus ajánlása és egyéb (13)	1%	dietetikus ajánlása (13)	2%
8.	dietetikus ajánlása (13)	1,0%				

A teljes sokaság esetében a megkérdezettek mintegy harmada a *saját késztetést* nevezte meg motivációként (nemenkénti bontásban vizsgálva szintén hasonló eredményeket kapunk, ahol is a funkcionális élelmiszereket fogyasztó nők 35, a férfiak 33%-a teszi ezt saját késztetésből). Az *ismerős ajánlása*, mint referenciacsoport a második helyen van mind a teljes adatbázis (24,5%), mind a nemenkénti bontás esetében, azonban a hölgyek (26%) inkább adnak az ismerős véleményére, mint az urak (23%). A *környezet befolyása* a harmadik a teljes sokasága (14%) és a nők (17%) esetében, míg a férfiak számára a negyedik legfontosabb tényező csupán (11%), mivel náluk a média hatása az erősebb (18%), (a hölgyek által megjelölt médiahatás 8%-os arányhoz képest az eltérés szignifikáns). A teljes sokaságot tekintve a média hatása (13%), a nők esetében az orvos ajánlása (10%), míg a férfiak körében a környezet hatása foglalja el a negyedik helyet a befolyásoló tényezők rangsorában. A teljes adatbázist tekintve az orvos ajánlása (7,5%), a nők esetében pedig a média hatása (8%) foglalja el az ötödik helyet, míg a férfiak körében holtverseny van az orvos (5%) és a természetgyógyász ajánlásának (5%) befolyásoló hatása között. Összességében megállapítható, hogy mindkét nem esetében a saját meggyőződés és az ismerős ajánlása a két legerősebb, míg a természetgyógyász és a dietetikus ajánlása a leggyengébb

motiváció. Az eredmények alapján az is kimutatható, hogy a vizsgálatba vont hölgyeket (10%) inkább befolyásolja az orvosi ajánlás, mint az urakat (5%), ez a különbség azonban statisztikailag nem mutat eltérést.

A felmérés keretében kitértünk a funkcionális élelmiszerek hozzáadott értékét reprezentáló felárfizetési hajlandóság vizsgálatára, melynek során nyolc kategóriát képeztünk: *semmivel, valamivel többet* (5–20%), *többet* (21–40%), *sokkal többet* (41–60%), *kétszeres, háromszoros ár* (61–80%) és *nem befolyásol az ár*. A válaszadók több mint fele (56,8%) a *valamivel többet* opciót jelölte meg. Ők tehát hajlandóak 10–20%-os felár fizetésével honorálni a funkcionális élelmiszerek által ígért hatást. A *semmivel* (20,6%) és a *többet* (16,85) közel azonos arányban jellemzőek, és a *nem befolyásol az ár* (4,5%) és a *sokkal többet* (1,3%) válaszlehetőségek száma között sincs jelentős eltérés. Összességében megállapítható, hogy a válaszadók több mint fele a *valamivel többet* opciót jelölte meg, ők akár 10–20%-os felár fizetésével is hajlandóak honorálni a funkcionális élelmiszerek által ígért hatást.

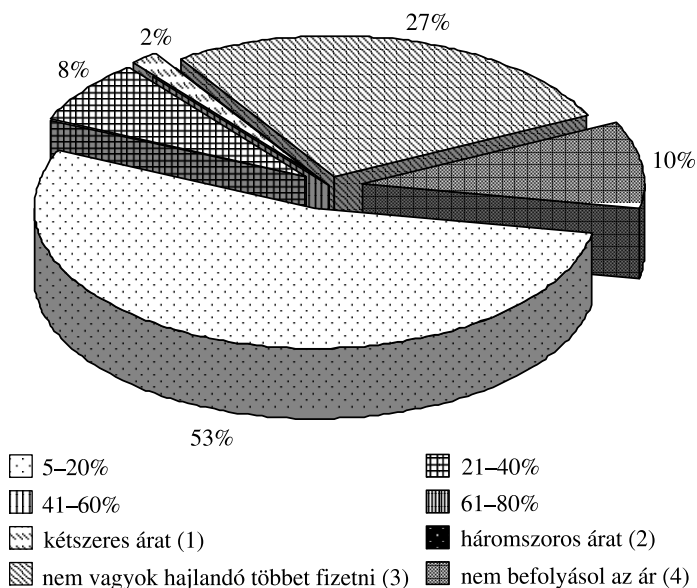
Ezen kérdéskör keretében kitértünk továbbá a funkcionális élelmiszerek hozzáadott értékét reprezentáló felárfizetési hajlandóság vizsgálatára is mind a nőkre, mind a férfiakra vonatkoztatva. A 3. ábra a hölgyek véleményét mutatja be, míg az 4. ábra az urak megnyilvánulásait szemlélteti.



3. ábra Felárfizetési hajlandóság a funkcionális élelmiszerek vásárlásánál (nők %)

Figure 3. Willingness to pay surcharge when buying functional foods (women %)

- (1) double price, (2) triple price, (3) I am not willing to pay more,
(4) I am not influenced by the price



4. ábra Felárfizetési hajlandóság a funkcionális élelmiszerek vásárlásánál (férfiak %)

Figure 4. Willingness to pay surcharge when buying functional foods (men %)

- (1) double price, (2) triple price, (3) I am not willing to pay more,
(4) I am not influenced by the price

A funkcionális élelmiszerek hozzáadott értékének vásárlói elismerése témakörében összességében megállapítható, hogy mindkét nem tekintetében a megkérdezettek azonos arányban (54–54%) tartották elfogadhatónak az 5–20%-os többletköltséget, míg közel harmaduk (28–27%) semmilyen felárat sem hajlandó fizetni. Mindkét nem egyaránt a 61–80%-os és a háromszoros felár lehetőségét teljes mértékben elvetette, és ezen kívül a nők a kétszeres árra, a férfiak pedig a 41–60%-os felárra nem voksoltak. A férfiak 10%-a úgy nyilatkozott, hogy nem befolyásolja az ár, ami a nők esetében csupán 3% volt, ez az arányeltérés statisztikailag is igazolható különbség. Az urak 1,5%-a hajlandó akár kétszeres árat is megfizetni, míg ezzel szemben a nők közül senki sem jelölte meg ezt a válaszlehetőséget. Ez alapján az a következtetés vonható le, hogy a férfiak inkább hajlandóak megfizetni a funkcionális termékek esetében felmerülő többletköltségeket.

Az eredmények alapján a megkérdezettek több mint fele az 5–20%-os felár-kategóriát tartja elfogadhatónak.

A vizsgálat következő fázisában azt térképeztük fel, hogy a megkérdezettek mennyi és milyen mélységű információval rendelkeznek, illetve milyen vélemény alakult ki bennük a speciális – esetünkben a funkcionális – élelmiszerek kapcsán. Az állítások megfogalmazásának módszere – mivel nem befolyásolta a válaszadót – lehetővé tette, hogy nemcsak a megalapozott vélemények, hanem az esetleges hitek és attitűdök is feltárára kerüljenek, illetve csupán a két válaszlehetőség (igen, nem) megadásával mindenképpen állásfoglalásra készítettük a megkérdezettet, lehetőséget sem adva a neutrális válaszra. A kérdőív

összesen 12 állítást tartalmazott a bio- és funkcionális élelmiszerekkel kapcsolatosan a szakirodalomban és a médiában rendszeresen megjelenő tévhitektől inspirálva. A funkcionális élelmiszerek témakörének vizsgálatakor öt állítás véleményezésének bemutatását tartottuk fontosnak:

1. Elképzelhetőnek tartom, hogy a funkcionális élelmiszereknek lehet negatív hatásuk.
2. A funkcionális élelmiszerek kedvező élettani hatásukat a hozzáadott anyagok (vitamin, ásványi anyag stb.) révén fejtik ki a szervezetben.
3. A funkcionális élelmiszerek fogyasztásával jobb egészségi állapot, kedvezőbb közérzet és a betegségek kockázatának csökkentése érhető el.
4. Minden E-számmal jelölt összetevő káros az egészségre.
5. A funkcionális élelmiszereknek testsúlycsökkentő hatásuk van.

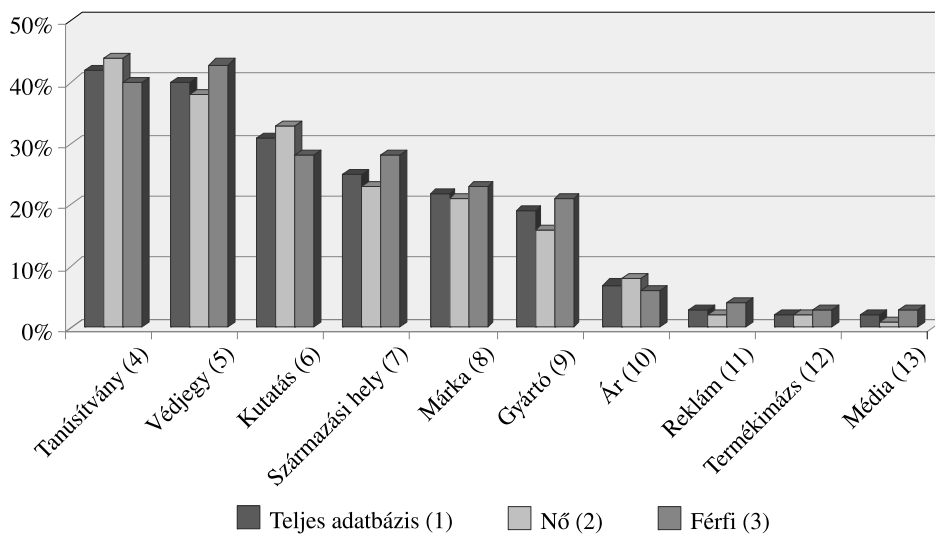
Az első állítás kapcsán az a vélemény fogalmazódott meg a férfiak 19 és a nők 17%-ában, hogy a funkcionális élelmiszereknek akár lehet negatív hatásuk is. A szakmunkás bizonyítvánnyal rendelkezők ötöde, az érettségizettek 17%-a, míg a diplomások negyede osztotta ezt a véleményt. Az életkor tekintetében vizsgálva ezt a kérdést megállapítható, hogy a 45 év alatti életkor-kategóriákban átlagosan a megkérdezettek ötöde, míg a 45 felettiekben csupán alig tizede vélekedett így. A teljes sokaság 82%-a szerint viszont nincs, vagy nem lehet kedvezőtlen hatása a szervezetre a funkcionális élelmiszerek fogyasztásának.

A második állítás kapcsán az a vélemény fogalmazódott meg a férfiak 37 és a nők 45%-ában, hogy a funkcionális élelmiszerek kedvező élettani hatásukat a hozzáadott anyagok (vitamin, ásványi anyag stb.) révén fejtik ki a szervezetben. A diplomások fele, a felsőfokú szakképesítéssel vagy érettségivel rendelkezők 38–38%-a, míg a szakmunkás vagy általános iskolai bizonyítvánnyal rendelkezők 33–33%-a osztotta ezt a véleményt. Az életkor tekintetében vizsgálva ezt a kérdést megállapítható, hogy a 14–18 év közöttiek 80%-a, míg a 65 év feletti kivételével – ahol 20% – a többi öt életkor-kategória átlagosan mintegy 40%-a tartotta igaznak ezt az állítást. A teljes sokaság 59%-a szerint viszont a funkcionális élelmiszerek nem a hozzáadott anyagok révén fejtik ki kedvező élettani hatásukat.

A harmadik állítás, mely szerint „*a funkcionális élelmiszerek fogyasztásával jobb egészségi állapot, kedvezőbb közérzet és a betegségek kockázatának csökkentése érhető el*” osztotta meg legkevésbé a megkérdezetteket, mivel e tekintetben a teljes sokaság több mint fele egyetértését nyilvánította ki. A hölgyek (61%) inkább egyetértettek ezzel az állítással, mint az urak (51%). Érdekes megállapítani, hogy a legmagasabb (diploma, 71%) és a legalacsonyabb (általános iskola, 67%) iskolai végzettségűek értettek egyet legnagyobb arányban ezzel az állítással, míg a fennmaradó három kategóriában átlagosan a megkérdezettek közel fele. Az életkor tekintetében vizsgálva ezt a kérdést megállapítható, hogy a 25 és 54 év közöttiek értettek leginkább egyet ezzel az állítással (átlagosan 68%-ban), ebből az életkor-kategóriából kiemelkedik a 35 és 44 év közötti korosztály 73%-ban egyetértő véleménye. A negyedik állítás kapcsán az a vélemény fogalmazódott meg a férfiak 81 és a nők 77%-ában, hogy nem minden E-számmal jelölt összetevő káros az egészségre. A szakmunkás bizonyítvánnyal rendelkezők majd fele, az érettségizettek 17, a felsőfokú szakképesítéssel rendelkezők 29%-a, míg a diplomások ötöde vélte károsnak valamennyi E-számmal jelölt összetevőt. A teljes sokaság átlagosan 21%-a osztotta ezt a véleményt, ezen belül is a 14 és 18 év közötti válaszadók 40%-a, míg a 65 év feletti válaszadók csupán 10%-a nyilatkozott így.

Az ötödik és egyben az utolsó vizsgált állítással a teljes sokaság 96%-a nem értett egyet, mivel véleményük szerint a funkcionális élelmiszereknek nincsen testsúlycsökkentő hatásuk. A nők (97%) nagyobb arányban nem értettek egyet ezzel az állítással, mint a férfiak (94%). Sem az iskolai végzettség, sem pedig az életkor alapján nem állapítható meg említésre méltó eltérés a vizsgált sokaság alcsoportjai vonatkozásában.

Az vizsgálat lezárásaként a termék minőségét garantáló tényezők meghatározása, majd azok rangsorolása történt meg (5. ábra).



5. ábra A termék minőségét garantáló tényezők rangsora (%)

Figure 5. The ranking of the factors guaranteeing the quality of the product (%)

- (1) complete database, (2) woman, (3) man, (4) certificate, (5) trademark, (6) research, (7) place of origin, (8) brand, (9) producer, (10) price, (11) advertising, (12) product image, (13) media

Az adatok alapján megállapítható, hogy a vizsgált sokaság számára az ellenőrző szervezet tanúsítványa (42%) adja a legnagyobb biztonságot, míg ugyanezen tényező nemenkénti megoszlása különbséget mutat, mivel a nők 44, a férfiak 40%-a számára ez a „legértékesebb” garancia. A teljes adatbázist vizsgálva a második a védjegy (40%), az urak számára azonban ez volt a legfontosabb tényező (43%), míg a hölgyek esetében (38%) szintén a második helyre szorult. A kutatási eredmények szintén fontos csoportot alkotnak (3.), azonban a nőket inkább befolyásolják, mint a férfiakat. Az urak számára a származási hely (4.), a márka (5.) és a gyártó (6.) lényegesebb tényezők. A reklám, a termékimázs és a média hatása a teljes sokaság tekintetében csekély (átlagosan 2%) befolyásoló szereppel bír, azonban a férfiakat inkább megragadja.

Összességében megállapítható, hogy a felsorolt garanciák közül a vizsgált sokaságot az ellenőrző szervezet tanúsítványa, a védjegy, a származási hely, a gyártó, a kutatási ered-

mények és a márkajelzés győzi meg leginkább. A hölgyeket három tényező: az ellenőrző szervezet tanúsítványa, a kutatási eredmények és az ár inkább befolyásolja, mint az urakat. A férfiak esetében a védjegy, a származási hely, a márka és a gyártó adja a nagyobb biztonságot.

Functional foods – consumer and customer preferences

ANETT NÉMETH-T. – JUDIT VINCZE-TÓTH – JUDIT HEGYI – SZABOLCS TROJÁN

University of West Hungary
Faculty of Agricultural and Food Science
Institute of Economic Science
Mosonmagyaróvár

SUMMARY

Functional foods, as products possessing additional surplus value, are innovative products of world food industry today, which is also reflected in their market share increasing continuously. In the light of this fact the role of functional foods in healthy nutrition can not be disputed.

We carried out our research within the framework of the application "Functional foods from a regional source". From the point of view of regional limitation, the project includes the counties Győr-Moson-Sopron, Komárom-Esztergom and Pest, as well as Budapest. While defining the topics of the survey, we set ourselves the aim to reveal the customer judgement and currency of functional foods, as well as their consumer characteristics. During the examination the so called primary method was used, which is an internationally recognized method of marketing research. In its framework the research was based on quantity examination, within this on asking people using personal questionnaires.

On the basis of the results of the survey it can be stated that in most cases the reason for rejecting functional foods is that there is insufficient or inadequate information about them, because the people knowing and consuming functional foods typically consume them with daily regularity. Consequently those who are aware of the favourable effects of these products incorporate them into their diet at a daily level.

Keywords: functional food, organic food, consumer habits, customer preferences, market research.

IRODALOM

- Biacs P.* (2006): Funkcionális élelmiszerek előállítása, forgalmazása és fogyasztása. Magyar Dietetikusok Országos Szövetségének VIII. Szakmai Konferenciája. Budapest, 2006. február 17–18.
- Bíró Gy.* (2004): Új funkcionális élelmiszer alkotórészek – A rosszindulatú daganatok és az oxidatív degradáció. *Édesipar* **50**, (4) 137–146.

- Childs, N. M. – Poryzees, G. H.* (1998): Foods that help prevent disease: consumer attitudes and public policy implications. *British Food Journal*. **9**, 419–426.
- Eddy, D. N.* (1986): Setting priorities for cancer control programs. *Journal of the National Cancer Institute*. **76**, 187–199.
- Holm F.* (2004): Új funkcionális élelmiszer alkotórészek: a rosszindulatú daganatok és az oxidatív degradáció. *Édesipar* **5**, 137–146.
- Institute of Medicine Food and Nutrition Board* (1997): Dietary reference intakes for Calcium, Phosphorus, Magnesium, Vitamin D, and Fluoride. Washington, D. C.: National Academy Press, 1997.
- Lehota J. – Komáromi N.* (2008): A funkcionális tejtermékek piaci lehetőségei Magyarországon. *AWETH* **4**. Különszám, 528–530.
- Schenker, S.* (1999): Functional foods '99, claims and evidence. 20 key facts. *British Nutrition Foundation News*. 1999. 19. (Summer) Supplement.
- Szakály S. – Schöffner B.* (2006): A stratégiai termékinnováció főbb területei az élelmiszergazdaságban. *Élelmiszer, Táplálkozás és Marketing*. **3**, (1) 15.
- Szakály Z.* (2009): Egészségmagatartás és funkcionális élelmiszerek: hogyan vélekednek a hazai fogyasztók? *Élelmiszer, táplálkozás és marketing* **6**, (1–2) 9–18.
- Törőcsik M.* (2006): Vásárlói magatartás. Akadémiai Kiadó, Budapest. 47–53.
- WHO* (2003): Report on Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases: report of a joint WHO/FAO expertconsultation, Geneva, 28 January – 1 February 2003.

Szerzők levélcíme – Address of the authors:

NÉMETH-T. Anett – VINCZE-TÓTH Judit – HEGYI Judit – TROJÁN Szabolcs
Nyugat-magyarországi Egyetem
Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar
H-9200 Mosonmagyaróvár, Vár 2.



Élelmiszer-színezékek színparamétereinek vizsgálata étrendkiegészítőkben színméréssel és fotoakusztikus spektroszkópiával

KOVÁCS MIHÁLY¹ – DÓKA OTTÓ¹ – KULCSÁR RÓBERT²

¹ Nyugat-magyarországi Egyetem
Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar
Mosonmagyaróvár

² PEZ Production Europe Kft.
Jánossomorja

ÖSSZEFOGLALÁS

Az élelmiszerek színe az egyik fontos és kritikus paramétere a fogyasztói megítélésnek a termék vásárlásakor. Így a gyártás folyamán külön figyelmet kell fordítani a színezőanyagok típusának és mennyiségének megválasztására és beállítására. Ezt különösen olyan termékek esetében kell szigorúan előírni és betartatni, amelyeknek elsődleges fogyasztói a gyermekek. Az alábbiakban pezsgőtabletták és cukorkák gyártása során felhasznált vörös színű természetes (betanin, E162) és szintetikus (neokokcin, E124) színezékek színparamétereinek (CIELab színoordináták és fotoakusztikus jel) vizsgálatát mutatjuk be színméréssel és fotoakusztikus spektrofotometriával. A vizsgált minták kristályos (szilárd) formában tartalmazták a színezékeket.

Mind a minták pirostartalmát jelző a^* és a teljes színínger különbséget mutató ΔE^* (a fehér etalonhoz viszonyított) színoordinátákra, mind az 532 nm-en mért fotoakusztikus jel viselkedésére – még a gyakorlat számára is elfogadható – lineáris összefüggéseket kaptunk.

Kulcsszavak: élelmiszer-színezék, betanin, neokokcin, színmérés, fotoakusztikus spektroszkópia.

BEVEZETÉS

A tápérték, az íz és az állag mellett a szín az élelmiszerek egyik további fontos minőségi jellemzője. A vonzó színben megjelenő élelmiszerek rendszerint növekvő fogyasztást eredményeznek (Askar 1999), ezért az élelmiszer-színezékek fontos adalékanyagok az élelmiszerekben, különösen azokban a termékekben, amelyeknek célcsoportját kifejezetten a fiatalabb korosztály jelenti. Alkalmazásuk elősegíti az élelmiszerek megjelenésének standardizálását, illetve további előnyük, hogy csökkentik a különböző időszakokban gyártott azonos termékek színének esetleges különbségeit, kiegyenlítve a bennük lévő természetes színezőanyagok közötti eltéréseket (Furia 1980).

Annak ellenére, hogy az egyes iparágakban hagyományosan használt színezékek száma meghaladja a tízezret (Nigam *et al.* 2000), Magyarországon az élelmiszeriparban 42 élelmiszer-színezék engedélyezett. Ezek közül 15 előírások nélkül, a többi feltételesen, vagy mennyiségi korlátozások mellett használható fel (Magyar Élelmiszerkönyv 2010). Vizsgálatainkat két vörös színű élelmiszer-színezékkel a betaninnal, és a neokokcinnal végeztük. A betanin (céklavörös, E 162 színezék) legtöbbször a vörös céklafajták (*Beta vulgaris L. var. Rubra*) gyökeréből nyert természetes, mennyiségi korlátozások nélkül használható élelmiszerszínezék (Delgado-Vargas *et al.* 2000). A neokokcin (ponszó 4R, E 124 színezék) az azoszínezékek csoportjába tartozó, piros színű, vízben jól oldódó mesterséges élelmiszer-színezék. Elfogadható napi beviteli mennyiségének (Acceptable Daily Intake, ADI) értéke 0,7 mg/testtömeg kg. A neokokcin Magyarországon csak meghatározott élelmiszerekben használható. A Magyar Élelmiszerkönyv (2010) alapján a szilárd táplálékkiegészítők (vitamin-tabletták, cukorkák stb.) neokokcintartalma legfeljebb 50 mg/kg lehet.

A színezékek szétválasztására, azonosítására és mennyiségük meghatározására számos módszer létezik, mint pl. a nagy hatékonyságú folyadékkromatográfia (Puttemans *et al.* 1983, Gennaro *et al.* 1994), az oszlopkromatográfia (Ramambhai *et al.* 1986), a vékonyréteg-kromatográfia (Hoodles *et al.* 1971). A kromatográfiai módszerek nagy beruházási és működtetési költségei, valamint a bonyolult mintaelőkészítési technikák elősegítették az alternatív, elsősorban optikai módszerek fejlődését és versenyképessé válását, így a spektrofotometria (Sayer és Özdemir 1998, Liang *et al.* 2011) és a fotoakusztikus spektroszkópia előterbe kerülését (Dóka *et al.* 2005, Coelho *et al.* 2010).

Vizsgálataink fő célja az volt, hogy a táplálékkiegészítőkben található természetes és mesterséges vörös színű színezőanyagok mennyiségének színmérséssel és fotoakusztikus spektrofotometriával történő mérhetőségét megvizsgáljuk. E módszerek nem igényelnek sem vegyszert, sem pedig speciális előkészítést, ezért a jövőben olcsó, gyors és megbízható eljárásként valós alternatívát nyújthatnak az élelmiszeriparban is.

ANYAG ÉS MÓDSZER

A vizsgálatokhoz két – egyrészt betanint, másrészt neokokcint tartalmazó – kalibráló porminta sorozatot használtunk. Mindkét mintasorozat a színezékek mellett vitamint, ásványi sókat és egyéb komponenseket is tartalmazott. A színezékek kémiaiilag nem kötődtek az említett komponensekhez, csak fizikai keverés történt, mint ahogy a kész termékekben is. A betanint tartalmazó porminták színezéktartalma 1, 2, 3, 4, 5 és 6 m/m% volt, a neokokcint tartalmazó mintasor pedig 0,005; 0,01; 0,015; 0,02; 0,03; 0,04 és 0,05 m/m%-os mintákból állt.

A vizsgálatokhoz HunterLab MiniScan XE Plus típusú reflexiós színmérőt használtunk. A méréseket CIE D65-ös xenonlámpa megvilágítással, és szabványos 45/0°-os mérőgeometriával végeztük. Ez az jelenti, hogy a mintára eső fény diffúz megvilágítást hoz létre; míg a visszavert fény 0 fokban, vagyis merőlegesen verődik vissza a vizsgált minta felületéről.

A színmérés eredményeit a CIELab színrendszer koordinátaival fejeztük ki. A CIELab színkoordináták közül L^* a minta világosságát határozza meg, egy 100-as skálán a feketétől ($L^* = 0$) a fehérig ($L^* = 100$). Az a^* színínger koordináta a minta vörös-zöld színezetét, a b^* színínger koordináta a minta sárga-kék színezetét fejezi ki. A pozitív a^* azt jelenti, hogy a minta inkább vörös színű, míg a negatív a^* azt jelenti, hogy a minta inkább zöld színű. A pozitív b^* inkább sárga színű mintát, a negatív b^* inkább kék színű mintát jelent. A mért koordinátákból számítható további színjellemzők közül csak a teljes színíngerkülönbséget vizsgáltuk, tekintettel arra, hogy az emberi szem számára ez a legfontosabb koordináta, mivel a színről gyakorlatilag egy összbenyomást ad a szemlélődő számára. Teljes színínger különbségnek (ΔE^*) nevezzük a színtérben értelmezett két színpont közötti térbeli távolságot. Szemléletesen a teljes színínger különbség a ΔL^* , a Δa^* és a Δb^* egyenesek által alkotott téglatest testátlójának hosszával egyenlő. Kiszámításához a térbeli Pithagorasz-tételt használjuk (Lukács 1982):

$$\Delta E^* = \sqrt{\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2}}$$

Vizsgálatainkban egyik színpontot a minta, míg a másikat minden esetben a készülékhez a gyártó által adott fehér etalon jelentette. Az 1. táblázat az objektív és a szubjektív szín-mérés kapcsolatát mutatja be (Lukács 1982).

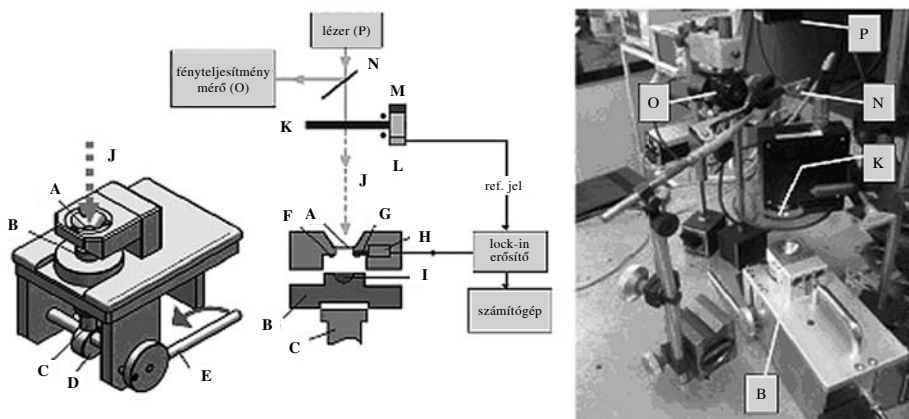
1. táblázat A vizuális színérzékelés és a teljes színíngerkülönbség kapcsolata

Table 1. Correspondence (relationship) between the visual perception of color and total color difference

ΔE^*	0–0,5	0,5–1,5	1,5–3	3–6	6–12
szemmel látható különbség (1)	nem észrevehető (2)	alig észrevehető (3)	észrevehető (4)	jól látható (5)	nagy (6)

(1) noticeable difference, (2) undetectable, (3) hardly detectable, (4) detectable, (5) substantial, (6) large

A fotoakusztikus rendszer a mintában elnyelődő abszorbeált fényenergia hangenergiává (akusztikus hullámmá) alakuló részét méri, mikrofon segítségével. A mintára beeső fény-sugár a minta abszorpció tényezőjétől függő mértékben abszorbeálódik, amely energiának egy része nemsugárzásos folyamatok során hővé alakul. A minta felülete és a környező gáz (rendszerint levegő) hőmérséklete is növekszik a hővezetés miatt. A hőmérséklet-növekedés pedig a lezárt kamrában nyomásnövekedéshez vezet. Ha a mintára szaggatott fénysugár érkezik, akkor az abszorpció és ennek következtében a nyomásváltozás is a szaggatás frekvenciájával azonos frekvenciájú lesz. Ezt a nyomásingadozást – amennyiben a szaggatás a hangfrekvenciás tartományba esik – a kamrához csatlakozó mikrofon érzékeli, és elektromos jellé alakítja. A mikrofon jelét fotoakusztikus jelnek, a fotoakusztikus jelnek a beeső fény hullámhosszától való függését pedig fotoakusztikus spektrumnak nevezzük. Az általunk használt, házilag készített fotoakusztikus rendszer vázlatos elrendezését és fotóját az 1. ábra mutatja be (Dóka et al. 2011)



1. ábra A fotoakusztikus rendszer sematikus ábrája,
illetve az általunk használt fotoakusztikus spektrofotométer fotója

Figure 1. Schematic diagram and the photograph of the home- made photoacoustic system

A: kvarcüveg ablak, B: mintatartó, C: fém rúd, D: excentrikus kerék, E: mintatartó emelőkar, F: O-gyűrű, G: kapilláris cső, H: mikrofon, I: minta, J: modulált lézer fény, K: modulátor, L: fotodióda, M: LED, N: nyálábosztó, O: fényteljesítmény mérő, P: lézer

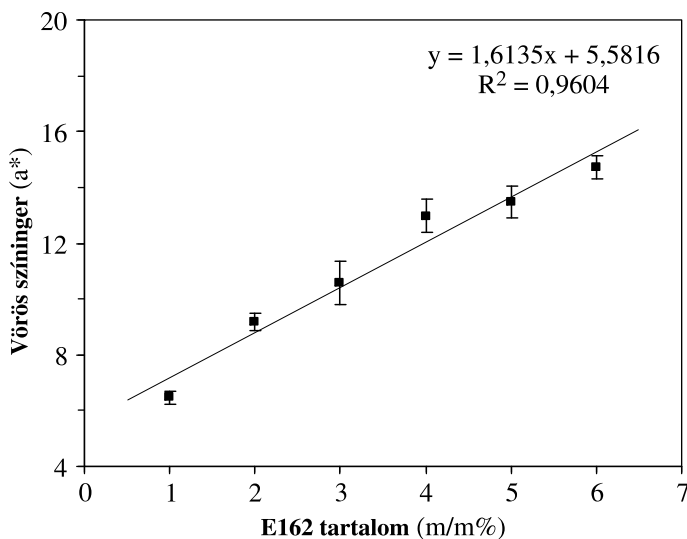
A: quartz window, B: sample tray (holder), C: metal rod, D: excentric wheel, E: the lever of sample's holder, F: an O-ring, G: capillary tube, H: microphone, I: sample, J: modulated laser beam, K: modulator, L: photodiode, M: light emitting diode (LED), N: beam splitter, O: power meter, P: laser

Fényforrásként egy diódalézer használtunk (típusa: Roithners, CW532-04-30). A lézer hullámhossza 532 nm, névleges teljesítménye 30 mW volt. A fény modulációs frekvenciája 23 Hz volt. Mindkét mintasorozaton minimum három független mérést végeztünk mindkét módszerrel, de fotoakusztikusan néhány esetben még többet is ($n = 10$). A fotoakusztikus mérések során egyetlen mérés eredményének a lock-in erősítő 256 kiolvasásának átlagát, míg végeredménynek az egymástól függetlenül elvégzett egyes mérések átlagát tekintettük mindkét módszer alkalmazása során.

EREDMÉNYEK

A színmérés során, minden alap színkoordinátát mértük (L^* , a^* és b^*), de egyrészt terjedelmi okokból, másrészt pedig, mivel a színezékek piros összetevője a meghatározó, ezért csak az a^* koordinátákra kapott eredményeket mutatjuk be. Az alap színkoordináták segítségével meghatároztuk a teljes színíngerkülönbséget (ΔE^*).

A 2. ábra az a^* színkoordináta és a betanintartalom kapcsolatát mutatja. A mért vörös színíngér és a betanin koncentrációja lineáris kapcsolatot eredményezett a vizsgált koncentrációtartományban, viszonylag nagy determinációs koefficiens értékkel ($R^2 = 0,9604$). Egy tömegszázalékos színezéktartalom-növekedés 1,6135 növekedést jelentett a vörös-zöld indexben.



2. ábra A betanint tartalmazó minták a^* színíngere a színezéktartalom függvényében (átlag \pm SD, $n = 3$, ahol SD a szórás)

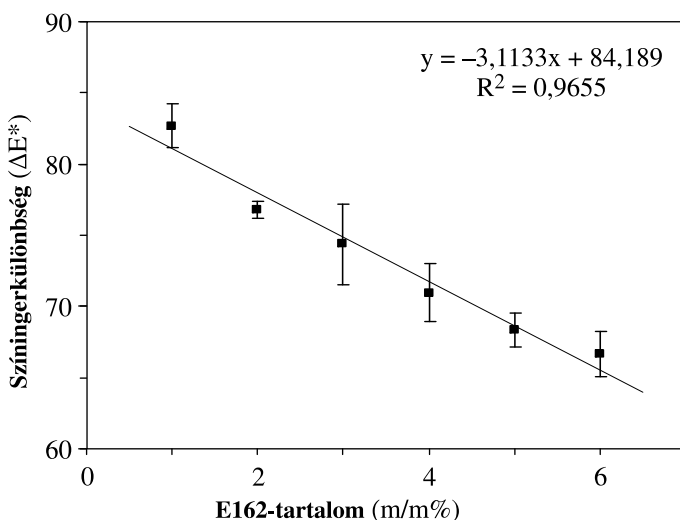
Figure 2. The colorimetric index a^* plotted versus the content of betanine in the samples (mean \pm SD, $n = 3$)

A 3. ábra az ΔE^* színkoordináta és a betanintartalom kapcsolatát mutatja. A betanintartalom és a teljes színínger különbség között szintén lineáris kapcsolatot találtunk a vizsgált tartományon belül ($R^2 = 0,9655$). Egy tömegszázalék-növekedés a ΔE^* -ot 3,11 egységgel csökkenti. Az 1. táblázat alapján azt mondhatjuk, hogy a 3,11 egység ΔE^* változás már a szemmel jól látható színkülönbséget jelent.

A 4. ábra az a^* színkoordináta és a neokocintartalom kapcsolatát mutatja. A mért vörös színínger és a neokocin koncentrációja között egyenes arányosság volt ($R^2 = 0,9731$) a vizsgált tartományban. Egy század tömegszázalékos színezéktartalom-növekedés 1,13 egység növekedést jelentett a vörös-zöld színkoordinátában.

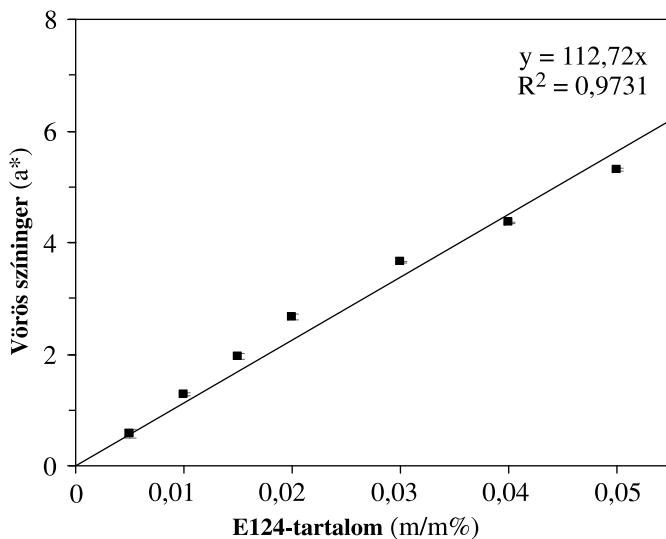
Az 5. ábra az ΔE^* színkoordinátát mutatja a neokocintartalom függvényében. A neokocintartalom és a teljes színíngerkülönbség között lineáris kapcsolatot találtunk a vizsgált tartományon belül. ($R^2 = 0,9941$). Vagyis 0,01 tömegszázalék-növekedés a ΔE^* -ot 1,20 egységgel csökkenti. Az 1. táblázat alapján az 1,20 egység ΔE^* változás szemmel alig észrevehető színkülönbséget jelent, tehát a mintasorozatunk két, közvetlenül egymást követő színezéktartalmú mintája közötti különbségeket, csak műszeresen tudjuk kimutatni.

A 6. ábra mutatja a fotoakusztikusan mért jelet a betanintartalom függvényében. A fotoakusztikus jel, és a minták betanintartalma között is jó közelítéssel ($R^2 = 0,9649$) lineáris kapcsolat volt, ugyanakkor meg kell jegyezni, hogy az eredmények relatív szórásai (SD/ \bar{x} , ahol \bar{x} a mérések átlaga) több esetben meghaladták a 10%-ot (3 m/m%: 12,23%; 4 m/m%: 10,11%; 5 m/m%: 14,94; 6 m/m%: 12,14%). A kapott összefüggés alapján 1 m/m% színezéktartalom-növekedés 65,50 μV fotoakusztikus jelnövekedést okozott.



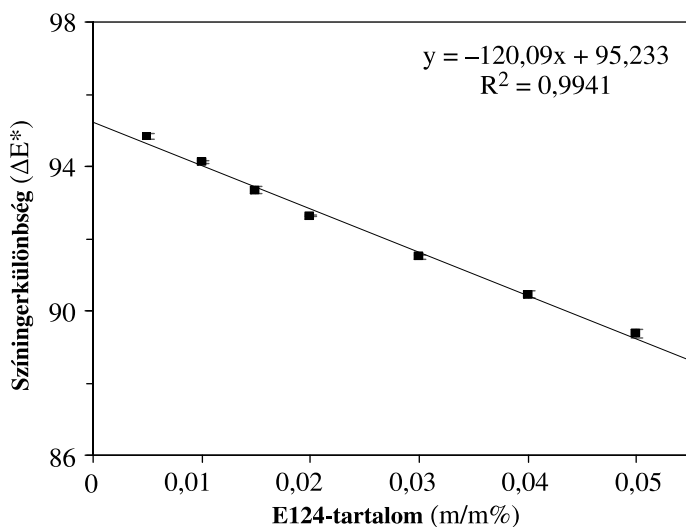
3. ábra A betanint tartalmazó minták ΔE^* színigere a színezéktartalom függvényében (átlag \pm SD, n = 3)

Figure 3. The total color difference (ΔE^*) plotted versus the content of betanine in the samples (mean \pm SD, n = 3)



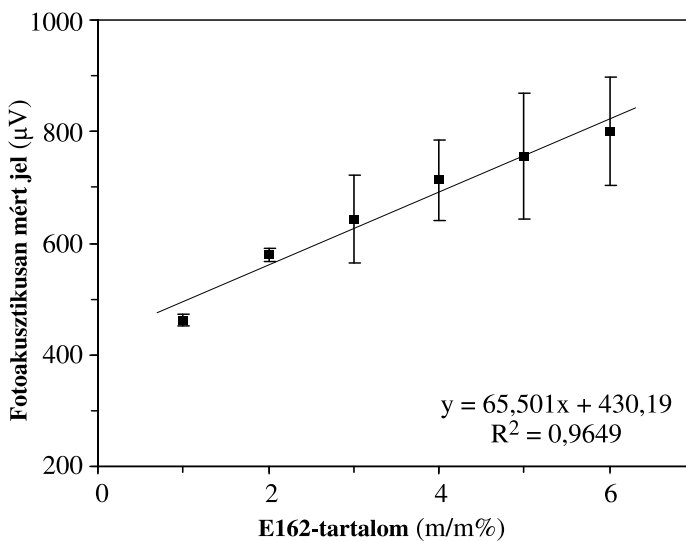
4. ábra A neokocint tartalmazó minták a^* színigere a színezéktartalom függvényében (átlag \pm SD, n = 3). A mérések szórásai olyan kicsik, hogy a szimbólumok mérete miatt nem láthatók az ábrán

Figure 4. The colorimetric index a^* as a function of sample's coccine nouvelle content (mean \pm SD, n = 3). The standard deviation for all data points is smaller than the size of the symbols



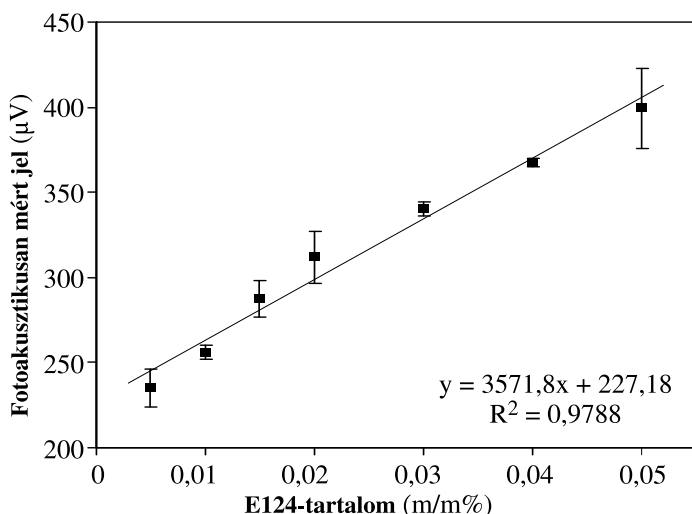
5. ábra A neokocint tartalmazó minták ΔE^* színíngere a színezéktartalom függvényében (átlag \pm SD, n = 3)

Figure 5. Total color difference (ΔE^*) versus the content of coccine nouvelle (mean \pm SD, n = 3)



6. ábra A betanint tartalmazó mintákon mért fotoakusztikus jel a színezéktartalom függvényében (átlag \pm SD, n = 3–10)

Figure 6. Measured photoacoustic signal as the function of sample's betanine content (mean \pm SD, n = 3–10)



7. ábra A neokokcint tartalmazó mintákon mért fotoakusztikus jel a színezéktartalom függvényében (átlag±SD, n = 3)

Figure 7. Measured photoacoustic signal as the function of sample's necoccine nouvelle content (mean±SD, n = 3)

A 7. ábra a fotoakusztikusan mért jelet mutatja a neokokcinttartalom függvényében. A fotoakusztikus jel és a minták neokokcintartalma között is lineáris kapcsolatot találtunk ($R^2 = 0,9788$). A kapott összefüggés azt mutatja, hogy 0,01%-os színezéktartalom-növekedés 35,72 μV fotoakusztikus jelnövekedést okoz.

KÖVETKEZTETÉSEK

A kapott eredmények alapján megállapíthatjuk, hogy mindkét módszer közvetlenül, mintaelőkészítés és vegyszerek felhasználása nélkül alkalmas porokban az E162 és az E124 élelmiszerszínezékek mennyiségének meghatározására.

A színmérések során azt tapasztaltuk, hogy a por alakú táplálékkiegészítők betanin-, illetve neokokcintartalma lineáris kapcsolatban van a mintákon mért a^* és ΔE^* színekoordinátákkal a vizsgált színezéktartalommal, azaz kis koncentrációkra. Nevezetesen betaninra 6% míg neokokcintre 0,05% alatt. Sőt a neokokcinttartalom és az a^* között egyenes arányosság áll fenn.

A fotoakusztikus méréseknél szintén lineáris kapcsolatokat találtunk a fotoakusztikusan mért jel és a koncentrációk között, ám itt a mért eredmények relatív szórásai meghaladták a színmérésnél kapott szórásértékeket. Ez utóbbinak nagy valószínűséggel az az oka, hogy míg a fotoakusztikus mérésnél a fény-anyag kölcsönhatás a lézernyaláb keresztmetszetében történik (néhány mm²), addig a színmérésnél ez a felület több nagyságrenddel nagyobb és így a vizsgált minta egyenetlen színeződése a fotoakusztikus méréseknél nagyobb szórást eredményez. Az is látható, hogy a szórások ismét a betaninra voltak nagyobbak.

Eredményeink megerősítik azt az ismert tényt, hogy mesterséges színezékek (neokokcin) általában sokkal jobb és egyenletesebb színező hatással rendelkeznek, mint a természetes színezékek (betanin) (Macrae *et al.* 1993). A ΔE^* -értékek azt mutatják, hogy neokokcin esetében már néhány század százaléknyi koncentrációváltozás is észrevehető színváltozást okoz, míg betaninból ehhez legalább egy százalékos színezéktartalom-változás szükséges, továbbá a neokokcinra kapott szórások mindkét módszernél kisebbek voltak, mint a betaninra. Az alkalmazott módszerek előnye, hogy por alakban (nem vizes fázisban) alkalmasak a színezéktartalom meghatározására, így nem kell számolni az oldószer hatásával, a mért jelek nem függenek a minta pH értékétől.

A kapott eredmények, a gyakorlat számára is fontos koncentrációtartományban tesznek lehetővé gyors színezéktartalom-meghatározást, ezért a színmérés és a fotoakusztikus spektroszkópia – validálásukat követően – megbízható gyártásközi és késztermék-ellenőrző módszerekké válhatnak az élelmiszeriparban.

Investigation of food colorants in nutritional supplements by means of colorimetry and photoacoustic spectroscopy

MIHÁLY KOVÁCS¹ – OTTÓ DÓKA¹ – RÓBERT KULCSÁR²

¹ University of West Hungary
Faculty of Agricultural and Food Sciences
Mosonmagyaróvár

² PEZ Production Europe Ltd.
Jánossomorja

SUMMARY

To a shopping consumer color of foods is one among of important and most critical parameter. Consequently, great attention must be paid to a quality and quantity of selected food colorants during the processing of foods. The regulations imposed on such products become particularly stringent in situations where children are primary consumers.

In this paper, quantification of natural (betanin, E162) and synthetic (coccine nouvelle, E124) origin red colorants used to produce effervescent tablets and candies is described. Applied analytical methods were colorimetry and photoacoustic spectroscopy.

The colorimetric index a^* , total color difference (ΔE^*) and the photoacoustic signal at 532 nm all exhibit linear correlation with the redness (red content) of colorants relationships. The data obtained suggests the usability of the new approach in a daily practice.

Keywords: food colorants, betanin, coccine nouvelle, colorimetry, photoacoustic spectroscopy.

IRODALOM

- Askar, A. (1999): Applications of Natural Colorants in the Food Industry. *Fruit Processing*. **2**, 42–44.
- Coelho, T. M. – Vidotti, E. C. – Rollemberg, M. C. – Medina, A. N. – Baesso, M. L. – Cella, N. – Bento, A.C. (2010): Photoacoustic spectroscopy as a tool for determination of food dyes: Comparison with first derivative spectrophotometry. *Talanta*. **81**, 202–207.
- Delgado-Vargas, F. – Jimenez, A. R. – Paredes-Lopez, O. (2000): Natural pigments: carotenoids, anthocyanins, and betalains – Characteristics, biosynthesis, processing, and stability. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. **40**, 173–289.
- Dóka O. – Bicanic, D. – Ajtony Zs. – Koehorst, R. (2005): Determination of sunset yellow in multi-vitamin tablets by photoacoustic spectroscopy and a comparison with alternative methods. *Food Additives and Contaminants*. **22**, 503–507.
- Dóka O. – Ficzek G. – Bicanic, D. – Spruijt, R. – Luterotti, S. – Tóth M. – Buijnsters, J. G. – Végvári Gy. (2011): Direct photothermal techniques for rapid quantification of total anthocyanin content in sour cherry cultivars. *Talanta*. **84**, 341–346.
- Furia, T. E. (Ed.) (1980): *CRC Handbook of Food Additives*, 2nd Edition, **1**, CRC Press Incorporated. Boca Raton, FL.
- Gennaro, M. C. – Abrigo, C. – Cipolla, G. (1994): High-performance liquid chromatography of food colours and its relevance in forensic chemistry. *Journal of Chromatography A*. **674**, 281–299.
- Hoodles, R. A. – Pizman, K. G. – Stewart, T. E. – Thompson, J. – Arnold, J. E. (1971): Separation and identification of food colours: I. Identification of synthetic water soluble food colours using thin-layer chromatography. *Journal of Chromatography A*. **54**, 393–404.
- Liang, Z. – Sang, M. – Fan, P. – Wu, B. – Wang, L. – Yung, S. – Li, S. (2011): CIELAB Coordinates in Response to Berry Skin Anthocyanins and Their Composition in *Vitis*. *Journal of Food Science*. **76**, 490–497.
- Lukács Gy. (1982): *Színmérés*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest.
- Macrae, R. – Robinson, R. K. – Sadler, M. J. (Eds.) (1993): *Encyclopaedia of food science, food technology, and nutrition*. Vol. II. Academic Press, San Diego, CA.
- Magyar Élelmiszerkönyv (2010): 1-2-94/36 számú előírás az élelmiszerekben használható színezékekről.
- Nigam, P. – Armour, G. – Banat, I. M. – Singh, D. – Marchant, R. (2000): Physical removal of textile dyes from effluents and solid-state fermentation of dye-adsorbed agricultural residues. *Bioresource Technology*. **72**, 219–226.
- Puttemans, M. L. – Dryon, L. – Massart, D. L. (1983): High Performance Liquid Chromatographic and Colorimetric Determination of Synthetic Dyes in Gelatin-Containing Sweets, Following Polyamide Adsorption and Ion-Pair Extraction with Tri-n-octylamine. *Journal of Association Official Analytical Chemists*. **66**, 670–672.
- Ramanbhai, B. P. – Mukeshbhai, R. P. – Ambubhai, A. P. – Arvindbhai, K. S. – Ajaybhai, G. (1986): Separation and Determination of Food Colours in Pharmaceutical Preparations by Column Chromatography. *Analyst*. **111**, 577–578.
- Sayar, S. – Özdemir, Y. (1998): First-derivative spectrophotometric determination of Ponceau 4R, Sunset Yellow and Tartrazine in confectionery products. *Food Chemistry*. **61**, 367–372.

A szerzők levélcíme – Address of the authors:

KOVÁCS Mihály – DÓKA Ottó

Nyugat-magyarországi Egyetem

Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar

H-9200, Mosonmagyaróvár, Vár 2.

E-mail: kovamiha87@gmail.com

dokao@mtk.nyime.hu

KULCSÁR Róbert

PEZ Production Europe Kft.

H-9241 Jánossomorja, Pez-Haas út 1.

E-mail: kulcsar.robert@pez.hu



Szemle

A meteorológiai tényezők és a növényfejlődés közötti kapcsolat modellezésének módszertani alapjai

VARGA-HASZONITS ZOLTÁN – VARGA ZOLTÁN

Nyugat-magyarországi Egyetem
Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar
Matematika, Fizika és Informatikai Intézet
Agrometeorológiai Intézeti Tanszék
Mosonmagyaróvár

ÖSSZEFOGLALÁS

A mezőgazdasági termelőknek ismerniük kell azt, hogy az általuk termesztett növények fejlődését milyen meteorológiai tényezők befolyásolják és azok milyen mértékű változást képesek előidézni a fejlődésben. Az összefüggések feltárásához olyan módszereket kell kidolgozni, amelyekkel az adott területre vonatkozóan a növényfenológiai jelenségek bekövetkezését gyakorlati szempontból kielégítő pontossággal meg lehet határozni. A meteorológiai tényezők és a növényfejlődés közötti kapcsolat modellezésének általában három alapvető formáját szokták megkülönböztetni. Nevezetesen a hőmérsékleti összeg alapján történő növényfejlődés-számítást, az átlagos fejlődési ütem számítási módszerét empirikus formulák segítségével és a fejlődési ütem becslését a hőmérséklet, a nappalhosszúság és a vernalizáció figyelembevételével. A cikk ezeket a lehetőségeket tekinti át. **Kulcsszavak:** hőmérséklet, hőmérsékleti összeg, termikus idő, nappalhosszúság, vernalizáció, növényfejlődés, modellezés.

BEVEZETÉS

A növénytermesztőknek ismerniük kell azt, hogy az általuk termesztett növények fejlődését milyen meteorológiai tényezők befolyásolják és azok milyen mértékű változást képesek előidézni. S mivel ugyanazok a meteorológiai viszonyok másként hatnak a növény növekedésére és másként hatnak a növény fejlődésére, szükséges, hogy a növényfejlődésre gyakorolt meteorológiai hatásokat részletesen tanulmányozzuk.

Ezért az egyes országokban külön kultúrnövény fenológiai megfigyelő hálózatokat létesítettek, amelyek mezőgazdasági vagy meteorológiai intézetek felügyelete alatt működnek.

Az egyes megfigyelőhelyeken az adatgyűjtést azonos útmutatás szerint végzik. Ilyen kultúrnövény fenológiai útmutatót adott ki hazánkban is az Országos Meteorológiai Intézet (Varga-Haszonits és Lexa 1967), amikor megindította a fenológiai hálózat működését.

A korábbi évtizedekben a megfigyelők az egyes növény esetében a kultúrnövény fenológiai útmutatóban feltüntetett fenológiai jelenségek bekövetkezésének dátumait jegyezték fel, s küldték be az Országos Meteorológiai Intézetbe. Az így összegyűjtött növényfenológiai anyag matematikai módszerekkel történő feldolgozása azáltal vált lehetővé, hogy a fenológiai dátumokat számokká alakítottuk oly módon, hogy a dátum helyett az adott nap január 1-től számított sorszámát adtuk meg. Ez lehetővé tette, hogy a meteorológiai tényezők és a növények fejlődése közötti kapcsolatot megvizsgáljuk.

A meteorológiai tényezők és a növényfejlődés közötti kapcsolat vizsgálata már az 1700-as években megkezdődött. Több országban – így hazánkban is – létesítettek növényfenológiai megfigyelő hálózatot, amely rövidebb-hosszabb ideig működött, aztán megszűnt. A meteorológiai és kultúrfenológiai jelenségek párhuzamos megfigyeléseiből összegyűlt adatbázis lehetővé tette a meteorológiai tényezők hatásának elemzését. A vizsgálatok számszerűen is bizonyították, hogy a növények fejlődésében a hőmérséklet kiemelkedő szerepet játszik – nem kismértékben a fotoszintézisre és légzésre gyakorolt közvetlen hatásának köszönhetően (Szalai 1974). Az ilyen vizsgálatokban elsősorban annak van jelentősége, hogy ez a hatás matematikai formában hogyan írható le. A növényfejlődésre gyakorolt hatásban szerepet játszik a nappalhosszúság is. E hatás matematikai formájának meghatározása ugyancsak nem elhanyagolható. Az őszi gabonák esetében figyelembe szokták venni még a vernalizáció jelenségét, amely a fejlődés vegetatív szakaszában fejti ki a hatását. Meg kell említeni, hogy az előbbieket mellett a növények megfelelő fejlődésének a jó vízellátottság is alapvető feltétele, de – megfelelő agrotechnika esetén – ennek biztosítása tűnik a legkevésbé problematikusnak.

Napjainkban a fent említett kölcsönhatásokra vonatkozó vizsgálatok a mezőgazdasági termeléssel foglalkozó országokban széleskörűen folynak. A feladat olyan módszer kidolgozása, amellyel az adott területre vonatkozóan a növényfenológiai jelenségek bekövetkezését gyakorlati szempontból kielégítő pontossággal meg lehet határozni, azaz előre lehet jelezni. A meteorológiai tényezők és a növényfejlődés közötti kapcsolat modellezésének három alapvető formáját megkülönböztetik meg, nevezetesen

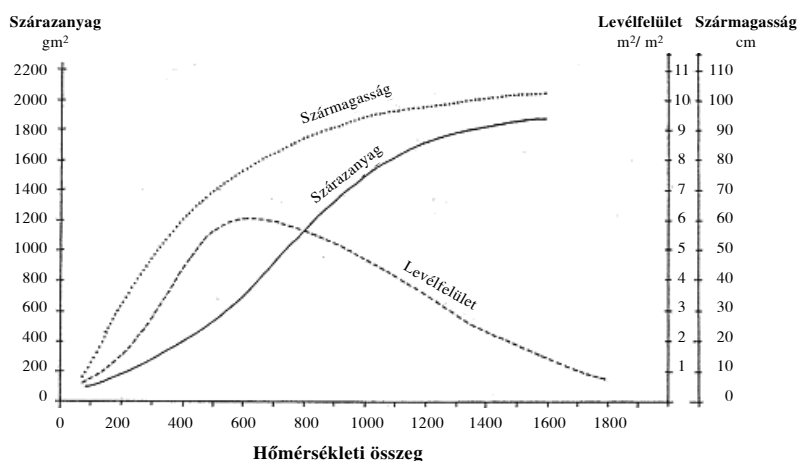
- a hőmérsékleti összeg alapján történő növényfejlődés-számítás (léghőmérsékleti adatokra alapozva);
- az átlagos fejlődési ütem számítása empirikus formulák segítségével és
- a fejlődési ütem számítása a hőmérséklet, a nappalhosszúság és a vernalizáció figyelembevételével.

Szemleciikkünkben ezeket a lehetőségeket tekintjük át.

A HŐMÉRSÉKLETI HATÁS MEGHATÁROZÁSA

A növényfejlődés hőmérsékleti összegén alapuló számítása

A hőmérsékleti összeg fogalmat *Réaumur* (1735) vezette be. Úgy találta, hogy a léghőmérsékleti összeg alapján pontosabban lehet meghatározni a fenofázisok bekövetkeztét, mint a naptári dátumok alapján. Azóta számos változtatást végeztek az eredeti koncepción, de még napjainkban is – viszonylagos egyszerűsége miatt – ez az egyik gyakran használt módszer.



I. ábra Az őszi búza növekedési folyamatainak változása a termikus idő (5 fok feletti hőmérsékleti összeg) változásával (*Varga-Haszonits* 2004)

Figure 1. Impact of thermal time (growing degree-days above 5 °C – on axis x) on development (leaf area index, dry matter, stand height – on axis y) of winter wheat

A módszernek többféle elnevezése van. Hőmérsékleti összegnek (sum of temperatures) nevezik, ha a hőmérsékleti értékeket eredeti formájukban alkalmazzák. Az angol nyelvű irodalomban a dimenziója után nevezik még degree-day-nek (foknapnak), mivel a hőmérsékleti foknak és a napok számának a szorzata. Ha a tényleges hőmérsékletnek csak azt a részét veszik figyelembe, amelyik a bázishőmérséklet felett van, akkor effektív hőmérsékleti összegnek nevezik, angolul growing degree-day-nek, mivel – e koncepció szerint – a léghőmérsékletnek csak a bázishőmérséklet feletti része hat a növényre (*Saykewich* 1995). Az utóbbi évtizedekben a növények növekedésének és fejlődésének időbeli folyamatait gyakran a hőmérsékleti összegek napi halmozódása alapján követik nyomon, ezért *Monteith* (1981) nyomán az így értelmezett hőmérsékleti összeget termikus időnek nevezik (*I. ábra*). A hőmérsékleti összeget a magyar nyelvben gyakran „hőösszegnek” nevezik, az angol nyelvben pedig „heat unit”-nak, ami fizikai értelemben téves elnevezés, mert nem hőmennyiségeket, hanem hőmérsékleti fokokat összegeznek, amint erre *Robertson* (1983)

is felhívta a figyelmet. Ő hangsúlyozta továbbá, hogy az angol nyelvben a hőmérsékleti összegre vonatkozó „growing degree day” elnevezés is hibás, mert nem növekedésre ható foknapokról van szó, hanem a fejlődésre (development) ható foknapokról.

A hőmérsékleti összeg meghatározásához a napi középhőmérsékletre van szükség. Azokon a helyeken, ahol naponta több alkalommal mérik a léghőmérsékletet, ott a napi középhőmérsékletet ezen mért értékekből számítják a következő módon:

$$t_k = \frac{t_1 + t_2 + \dots + t_n}{n} \quad (1)$$

ahol t_k a levegő napi középhőmérséklete, a t_1, t_2, \dots, t_n pedig a nap folyamán különböző órákban mért léghőmérséklet (pl. az éghajlati állomásokon 1, 7, 13 és 19 órakor mérnek léghőmérsékletet), az n pedig a nap folyamán végzett mérések száma. Vannak azonban helyek, ahol naponta csak egy alkalommal (a reggeli órákban) történik megfigyelés, akkor is csak a maximum és a minimum hőmérsékletet jegyzik fel. Ebben az esetben a léghőmérsékletet napi középértékét a következő formulával határozzák meg:

$$t_k = \frac{t_{\max} - t_{\min}}{2} \quad (2)$$

A formulában a t_{\max} a maximum hőmérsékletet, t_{\min} pedig a minimum hőmérsékletet jelenti. Ez a formula – az előző formulával szemben – csak közelítő értéket ad.

Amikor a hőmérsékleti összeget a hőmérséklet növényekre gyakorolt hatásának vizsgálata céljából számítjuk, akkor az effektív hőmérsékleti értékek (t_{eff}) összegét szoktuk használni, amely a következő formában írható:

$$t_{\text{eff}} = t_k - t_b \quad (3)$$

A t_b az adott növény bázishőmérséklete. Bázishőmérsékleten pedig azt a hőmérsékletet értjük, amelyen a növény növekedése és fejlődése megindul. Ennek pontos értékét nagyon nehéz meghatározni. Mesterséges terekben, szántóföldön végzett kísérletekben és hőmérséklet-növényfejlődés empirikus függvényekkel történő meghatározásokban rendszerint egymástól eltérő értékeket kapunk, ezért többnyire a bázishőmérsékletet intervallum formájában szokták megadni. Az 1. táblázat a Varga-Haszonits (1987) által irodalmi forrásokból összegyűjtött bázishőmérséklet-intervallumokat tartalmazza. Az effektív hőmérsékleti összeg számításánál azonban csak egyetlen értéket használhatunk, s ezzel valójában egy közelítő értéket alkalmazunk a számítások során.

1. táblázat Néhány fontosabb gazdasági növényfaj bázishőmérséklete (°C)

Table 1. Base temperature (°C) of some important crops

(1) winter wheat, (2) winter barley, (3) rye, (4) oats, (5) peas, (6) lentils, (7) radishes, (8) lettuce, (9) common sorrel, (10) red clover, (11) poppies, (12) flax, (13) alfalfa, (14) spinach, (15) onions, (16) carrots, (17) broad-bean, (18) sugar beet, (19) fodder beet, (20) hemp, (21) millet, (22) beetroot, (23) bean, (24) sunflower, (25) potato, (26) cauliflower, (27) tobacco, (28) maize, (29) rice, (30) peanuts, (31) soyabean, (32) cucumber, (33) pumpkin, (34) cabbage, (35) kohlrabi, (36) tomato, (37) watermelon, (38) melon, (39) eggplant, (40) red pepper

5 °C alatt			
Őszi búza (1)	1–5	Sóska (9)	2–3
Őszi árpa (2)	1–5	Vörös here (10)	2–3
Rozs (3)	1–5	Mák (11)	3–5
Zab (4)	1–5	Len (12)	3–5
Borsó (5)	1–5	Lucerna (13)	3–6
Lencse (6)	1–5	Spenót (14)	4–5
Retek (7)	2–3	Vöröshagyma (15)	4–5
Fejes saláta (8)	2–3	Sárgarépa (16)	4–6
5 és 10 °C között			
Lóbab (17)	5–9	Cékla (22)	8–10
Cukorrépa (18)	5–8	Bab (23)	8–10
Takarmányrépa (19)	6–8	Napraforgó (24)	8–10
Kender (20)	6–8	Burgonya (25)	8–10
Köles (21)	8–10		
10 és 15 °C között			
Karfiol (26)	10–12	Tök (33)	12–14
Dohány (27)	10–12	Káposzta (34)	12–14
Kukorica (28)	12–14	Karalábé (35)	12–14
Rizs (29)	12–14	Paradicsom (36)	12–16
Földimogyoró (30)	12–14	Görögdinnye (37)	14–16
Szójabab (31)	12–14	Sárgadinnye (38)	14–16
Uborka (32)	12–14		
15 °C felett			
Tojásgyümölcs (39)	15–16	Fűszerpaprika (40)	15–17

A napi középhőmérséklet és a bázishőmérséklet birtokában kiszámíthatjuk az előző formula segítségével a napi effektív hőmérsékletet. Ezen érték napi összegezésével megkapjuk az adott fejlődési fázisra, vagy az egész tenyészidőszakra vonatkozó effektív hőmérsékleti összeget:

$$\sum_{i=1}^n t_{\text{eff}} = t_{\text{eff}_1} + t_{\text{eff}_2} + \dots + t_{\text{eff}_n} \quad (4)$$

Ha egyaránt rendelkezésünkre állnak a napi középhőmérséklet és a bázishőmérséklet adatai, akkor a (3) egyenlet segítségével meghatározhatjuk a napi effektív hőmérsékletet, a (4) egyenlet segítségével pedig egy meghatározott időszakra (pl. fenofázisra) vonatkozó effektív hőmérsékleti összeget.

Ha ismerjük azt az effektív hőmérsékleti összeget, amely egy fenofázis vagy a vegetációs periódus befejezéséhez szükséges, akkor a hőmérsékleti összeg folyamatos felhalmozásával nyomon követhetjük a növény fejlődését. Ha ugyanis feltételezzük, hogy a növénynek az egyik fenofázisból a másikba való átmenethez egy meghatározott hőmérsékleti összegre van szüksége, akkor a növény egy nap alatt a napi effektív hőmérsékletnek a hőmérsékleti összeghez viszonyított arányában fejlődik, s ez lehetővé teszi a fejlődési ütem (DVR = developmental rate) számítását:

$$DVR = \frac{t_k}{(\sum t_{\text{eff}})_{\text{POT}}} \quad (5)$$

ahol $(\sum t_{\text{eff}})_{\text{POT}}$ az a potenciális effektív hőmérsékleti összeg, amely szükséges ahhoz, hogy a növény az egyik fejlődési fázisból a másikba eljusson. Ha ez az összeg minden évben ugyanannyi lenne, akkor az (5) egyenlettel pontosan meghatározhatnánk, hogy a növény egy nap alatt mennyit fejlődik. Minthogy azonban a növény fejlődése a meteorológiai tényezők közül a léghőmérsékleten kívül más időjárási elemektől is függ (amelyek évről-évre ingadoznak), ez az összeg nem állandó. Ezért a $(\sum t_{\text{eff}})_{\text{POT}}$ értékét különféle módon határozhatjuk meg. Megadható sokévi tapasztalat alapján, vagy számítható az átlagos vetési időpont és az átlagos érési időpont közötti hőmérsékleti összegként (Williams *et al* 1989). A különböző módon számított hőmérsékleti összegek közül célszerű azt az értéket választani, amelyeknek a legkisebb a variációs koefficiense (Saykewich 1995).

A növény fejlettségi állapotát (DVS=developmental stage) a napi fejlődési ütemek összegezésével, illetve az (5) összefüggést figyelembe véve a számlálóban lévő napi effektív léghőmérsékleti értékek összegezésével határozhatjuk meg az alábbiak szerint:

$$DVS = \frac{\sum_1^n t_k}{(\sum t_{\text{eff}})_{\text{POT}}} \quad (6)$$

s amikor a számlálóban lévő hőmérsékleti összeg eléri a $(\sum t_{\text{eff}})_{\text{POT}}$ értékét, azaz a DVS = 1 lesz, akkor a számítások szerint befejeződik az adott fenofázis.

A hőmérsékleti összeg számítása egyszerű. A fenti módszer alkalmazásakor azonban néhány problémát szem előtt kell tartani. Közülük néhány fontosabbat megemlítünk.

A növényfejlődést nem az egyedüli hatótényezőként figyelembe vett léghőmérséklet, hanem a növényhőmérséklet befolyásolja. A léghőmérséklet és a növényhőmérséklet közötti különbséget pedig alapvetően a sugárzás és a nedvességellátottság befolyásolja (Saykewich 1995). Erős besugárzás esetén, amikor a szél gyenge (vagy szélcsend van) és a párologtatás is gyenge, akkor a növényhőmérséklet magasabb a léghőmérsékletnél (Gorisina 1979). Ekkor a különbség meghaladhatja a 10 fokot is. Az intenzíven párologtató növények esetében pedig, amikor az erős párologtatásra fordítódik a hő jelentős része, a növényhőmérséklet több fokkal is alacsonyabb lehet a léghőmérsékletnél.

Mint arra már utaltunk, a bázishőmérsékletet, vagyis azt a hőmérsékletet, amely felett a növény fejlődésnek indul, csak közelítőleg tudjuk meghatározni. A különböző módszerekkel történő meghatározásánál többnyire különböző eredményekhez jutunk. Az

egyres módszerekkel meghatározott értékek eltérhetnek a tényleges küszöbértékektől is (Robertson 1983). Ezenkívül minden fenofázisban más az a minimum hőmérsékleti érték, amelynél magasabb hőmérsékleti értékeket igényel a fejlődéséhez a növény (Goudriaan és van Laar 1994). Azonban ahol többéves fenológiai adatsorok állnak rendelkezésre, ott lehetőség van a bázishőmérséklet meghatározására oly módon, hogy több bázishőmérséklet figyelembevételével kiszámítják a vizsgált időszakra vonatkozó hőmérsékleti összeget, s azt a bázishőmérsékletet fogadják el alsó küszöbhőmérsékletnek, amelynél a hőmérsékleti összeg variációs koefficiense a legkisebb (Saykewich 1995).

A hőmérsékletnek a növényfejlődésre gyakorolt hatása nem lineáris, vagyis a hőmérséklet emelkedése vagy süllyedése a növényfejlődésben nem azonos nagyságú fejlődésiütem-növekedést vagy -csökkenést idéz elő. A hőmérsékleti összeg használata pedig lineáris hatást feltételez, mivel

$$n \cdot t_k = \sum t \quad (7)$$

Az átlagos fejlődési ütem meghatározása empirikus függvénnyel

A fenológiai adatok az egymás utáni fenofázisok bekövetkezési időpontjait jelölik. Napi fenológiai adatok általában nincsenek, így a növényfejlődés ütemét csak becsülni lehet oly módon, hogy ha a növény fejlődése az egyik fenofázistól a másikig n napig tart, akkor az egy napra eső átlagos fejlődési ütem $1/n$. Nyilvánvaló, hogy ha az így számított egy napra eső fejlődési ütemértékeket összegezzük, akkor a következő fázis bekövetkezése arra a napra esik, amelyen az összegük eléri az 1 értéket. Ugyanis

$$\left(\frac{1}{n}\right)_1 + \left(\frac{1}{n}\right)_2 + \dots + \left(\frac{1}{n}\right)_n = n \cdot \frac{1}{n} = 1 \quad (8)$$

Mint említettük, a növény fejlődési üteme a környezeti tényezőktől függ, elsősorban a meteorológiai tényezőktől, s azok közül is döntően a hőmérséklettől. Ha tehát számítani akarjuk a növények fejlődési ütemét, akkor mindenképp numerikus formában meg kell határoznunk a fejlődési ütem és a meteorológiai elemek közötti kapcsolatot. Általában a következő formájú empirikus függvényt:

$$\frac{1}{n} = f(m_1, m_2, \dots, m_k) \quad (9)$$

ahol az m_1, m_2, \dots, m_k az egyes meteorológiai elemek valamilyen formájú (pl. átlag, összeg stb.) értékei.

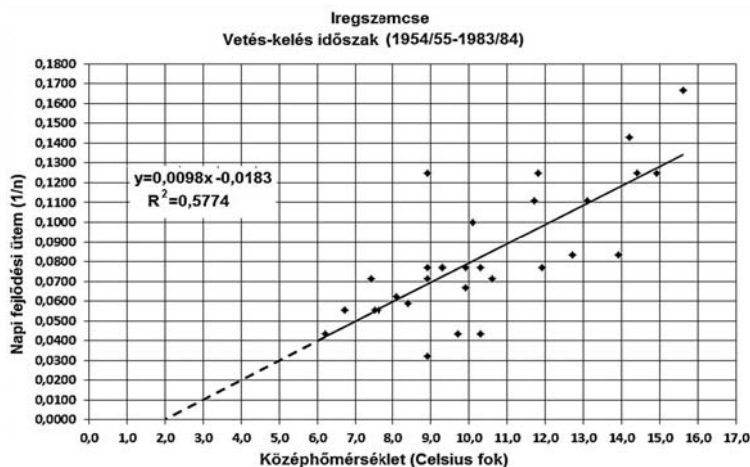
A napi középhőmérséklet hatásának meghatározása

Egyszerű megoldásnak tűnik a léghőmérséklet és a növényfejlődés között olyan lineáris összefüggést keresni, amely a következő függvénnyel írható le:

$$DVR = a + b \cdot t \quad (10)$$

ahol DVR a napi fejlődési ütem, t a napi középhőmérséklet, az a és b pedig empirikus konstans. Egy ilyen kapcsolatnak az az előnye, hogy ha ezt az összefüggést egy olyan koor-

dináta rendszerben ábrázoljuk, amelyben a vízszintes tengelyen a hőmérséklet, a függőleges tengelyen pedig a növényfejlődési ütem szerepel, és ott a pontthalmazra illeszkedő egyenest a vízszintes tengelyig meghosszabbítjuk, azaz extrapolálunk, akkor amely értéknél az egyenes metszi a vízszintes tengelyt, az tekinthető bázishőmérsékletnek. Példaként egy ilyen vizsgálati eredményt mutatunk be a 2. ábrán.



2. ábra Az őszi búza bázishőmérsékletének meghatározása empirikus függvénnyel. *Forrás: saját számítás*

Figure 2. Empirical function for determining the base temperature of winter wheat (axis x: mean temperature, axis y: daily developmental rate)

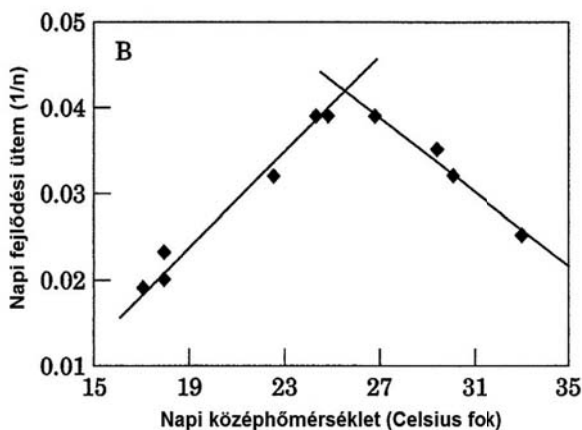
A léghőmérséklet és a növényfejlődés közötti lineáris kapcsolat azonban leginkább csak a bázishőmérséklet és az optimum hőmérséklet közötti intervallumban tapasztalható (Yan és Hunt 1999). Ebben az intervallumban a hőmérséklet emelkedésével a fejlődési ütem gyorsul, az optimum hőmérséklet feletti értékeknél azonban a hőmérséklet emelkedésével a fejlődési ütem lelassul. A bázishőmérséklet becslésére gyakran használják az empirikus módszert (Varga-Haszonits 1967, Goudriaan és van Laar 1994).

Annak felismerése, hogy a növényfejlődés üteme a bázishőmérséklet és az optimum hőmérséklet közötti értékeknél a hőmérséklet növekedésével gyorsul, majd az optimumnál magasabb értékek esetén lassul, vezetett a bilineáris módszer kidolgozásához és alkalmazásához. Ennek a módszernek az a lényege, hogy a növényfejlődést a bázishőmérséklet és az optimum hőmérséklet, valamint az optimum hőmérséklet és a felső küszöb hőmérséklet között két különböző lineáris összefüggéssel írják le:

$$DVR = a_1 + b_1 \cdot t \dots\dots\dots t < t_{OPT}$$

$$DVR = a_2 + b_2 \cdot t \dots\dots\dots t < t_{OPT}$$

ahol az a_1 , a_2 , b_1 és b_2 az empirikus függvények paraméterei. A bilineáris módszert grafikus formában a 3. ábra mutatja be.

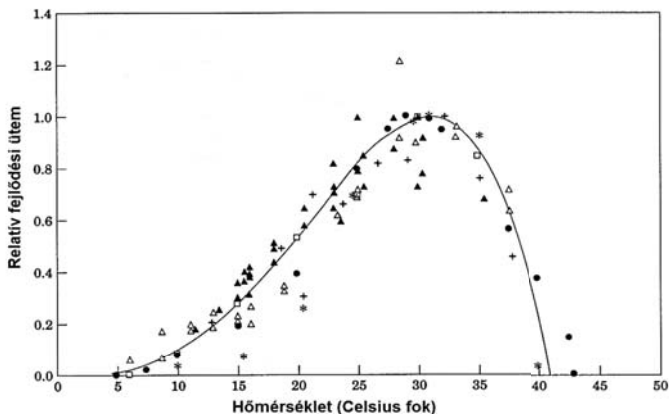


3. ábra A cirok fejlődési üteme és a hőmérséklet közötti kapcsolat meghatározása bilineáris modellel (Yan és Hunt 1999)

Figure 3. Bilinear model for determining the relationship between temperature (axis x) and daily developmental rate of sorghum (axis y)

Ha a 3. ábrára tekintünk, akkor láthatjuk, hogy a fekete négyszögekkel jelzett tényleges mérési adatok inkább haranggörbe vonalú összefüggésre utalnak. Ilyen összefüggésre vonatkozóan számos kutató kereste a megoldást, eleinte másod- majd harmadfokú polinomok alkalmazásával (Yin *et al.* 1995), sőt Charles-Edwards *et al.* (1986) negyedfokú polinom alkalmazásával is próbálkozott.

Yan és Hunt (1999) hat különböző kukoricavizsgálat adatait ábrázolta egy koordináta rendszerben, ahol a hőmérséklet volt a vízszintes tengelyen és a relatív fejlődési ütem a függőleges tengelyen. Ezek az adatok láthatók a 4. ábrán, ahol a hat vizsgálat adatai különböző jelekkel vannak feltüntetve. Látható, hogy a mért relatív fejlődési adatok a fejlődés megindulása után a hőmérséklet emelkedésével egy ideig exponenciálisan növekszenek, majd a kezdeti fejlődés után közel lineárisan növekszenek az optimum hőmérsékletig, ahol elérik a maximumukat. Az optimális hőmérséklet utáni további hőmérsékletemelkedés a fejlődési ütem meredek csökkenését vonja maga után.



4. ábra A hőmérséklet és kukorica fejlődési üteme közötti kapcsolat (Yan és Hunt 1999)

Figure 4. The relationship between temperature (axis x) and relative rate of development in maize (axis y)

A léghőmérséklet és a kukorica megfigyelt fejlődése közötti kapcsolat függvénnyel történő leírására a béta függvény alkalmazható, amint azt a 4. ábrán látható folytonos vonal mutatja. A béta függvény olyan sűrűségfüggvény, amelyet az x független változó egycsúcsú eloszlása jellemez a 0 és 1 közötti függvénytartományban. Az $x < 0$ vagy $x > 1$ estén a sűrűségfüggvény értéke 0, a maximum értéke pedig a 0 és 1 közötti tartományban az optimális x értéknél van (Yan és Hunt 1999). Ha az x változó helyébe a növény bázishőmérséklete, vagyis az alsó küszöbhőmérséklete (t_{\min}) és a felső küszöbhőmérséklete (t_{\max}) közötti hőmérsékleti adatokat (t) helyettesítjük, akkor ez a függvény alkalmas a növényfejlődésre gyakorolt hőmérsékleti hatás leírására a következő formában (Yin *et al.* 1995):

$$\text{DVR} = \text{DVR}_{\max}^C \cdot \left[\left(\frac{t - t_{\min}}{t_{\text{opt}} - t_{\min}} \right) \cdot \left(\frac{t_{\max} - t}{t_{\max} - t_{\text{opt}}} \right)^{\frac{t_{\max} - t_{\text{opt}}}{t_{\text{opt}} - t_{\min}}} \right] \quad (11)$$

A (11) egyenlet által leírt görbe jól illeszkedik a tapasztalati adatokhoz, ha öt paramétert használunk: a három kardinális hőmérsékletet (t_{\min} , t_{opt} , t_{\max}), a DVR_{\max} maximális fejlődési ütemet és a C paramétert, amely a görbe alakját határozza meg. Az ötből négy paraméter biológiailag értelmezhető, csak a görbe alakját megadó C paraméter a kivétel.

A VERNALIZÁCIÓ HATÁSÁNAK MEGHATÁROZÁSA

Vannak olyan növények, amelyek a tenyészidőszakuk folyamán, a vegetatív szakaszban alacsony hőmérsékletet igényelnek a generatív szakaszba való átmenethez. Nem szükséges,

hogy az alacsony hőmérséklet egyetlen időszak alatt folyamatosan hsson, előfordulhat, hogy egy alacsony hőmérsékletű időszak után magasabb a hőmérséklet, majd ismét egy vagy több alacsony hőmérsékletű időszak következik. Ez nem befolyásolja a növény fejlődésére gyakorolt hatást. Alacsony hőmérséklet ugyanis a vegetatív szakaszban több időszakban is előfordulhat, a hideghatás ugyanis összegeződik. Az alacsony hőmérséklet virágzást befolyásoló hatását vernalizációnak nevezzük (*Pethő* 1993).

A hideghatást igénylő növényfajok többségénél a vernalizáció számára optimális hőmérsékleti tartomány – *Wareing* és *Phillips* (1982) szerint – a -1 és +9 fok közötti értékköz, főként a +1 és +2 fok közötti hőmérséklet. *Weir et al* (1984) viszont azt tapasztalta, hogy a +3 és +10 fok közötti hőmérséklet a legkedvezőbb. Az e tartomány alatti -4 és +3 fok közötti értékek, valamint az e tartomány feletti +10 és +17 fok közötti hőmérséklet a vernalizáció szempontjából kevésbé hatékony (*Butterfield* és *Morison* 1992). A hideghatást igénylő növények különböző típusai számára eltérő intenzitású és hosszúságú hideg időszakok szükségesek (*Mirschel et al* 2005).

A vernalizáció napi hatékonyságát, azaz a vernalizációs hatékonysági faktort (VF) a napi középhőmérséklet (t_k) alapján határozzuk meg:

$$VF = f(t_k) \quad (12)$$

Az $f(t_k)$ függvény értéke 0 és 1 között változik. Ha a vernalizációs hatékonysági faktor napi értékeit összegezzük, akkor a hideghatás tartamát kapjuk meg oly módon, hogy amikor az érték eléri az 1 értéket, azt egy vernalizációs napnak (VD) tekintjük (*Strecek et al.* 2003a):

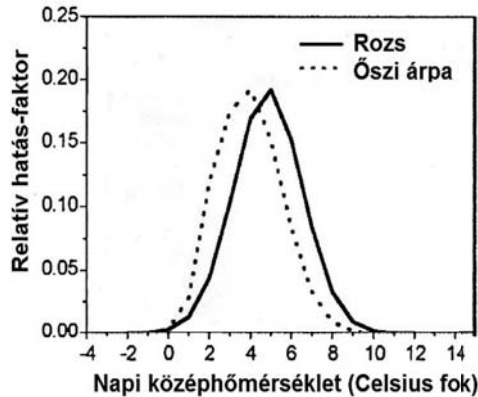
$$VD = \sum_{i=1}^n f(t_k) \quad (13)$$

A VD tehát a kumulatív vernalizációs nap (*Liu* 2007), amelynek értéke az $f(t_k)$ függvény napi értékeinek összegeződéséből adódik. Az $f(t_k)$ hőmérsékleti hatásfüggvényt különböző formában (pl. lineáris, parabolikus vagy béta függvény) határozhatjuk meg. Az $f(t_k)$ értéke 0, ha a napi középhőmérséklet a vernalizációra ható hőmérsékleti tartományon kívül esik, s 1, ha a napi középhőmérséklet éppen az optimumot jelenti.

A (13) egyenlettel történő összegezést addig folytatjuk, míg a vernalizációs napok (VD) száma el nem éri a teljes vernalizációhoz szükséges értéket (VD_{full}). A vernalizációs napoknak van egy alsó küszöbértéke (VD_b), amelynél kevesebb vernalizációs nap esetén nincs fejlődés. A VD_{full} érték elérése után a vernalizáció befejeződik, vagyis felette már nincs további vernalizáció. Mind a VD_b , mind pedig a VD_{full} érték a növényfajta függvénye. *Weir et al.* (1984) az AFRCWHEAT modell számára olyan vernalizációs hatékonysági faktort határozott meg, ahol -4 és +3 fok között a vernalizációs hatás-faktor értéke növekszik, +3 és +10 fok között optimális értéket mutat, majd +10 foktól +17 fókig fokozatosan csökken. E tartományon kívül a vernalizációs hatásfaktor értéke 0. Ezt a hatást leíró függvényt háromszakaszos lineáris függvénynek (three-stage-linear function) nevezik (*Strecek et al.* 2003a).

Az eddig elvégzett vizsgálatok eredményei azt mutatták, hogy az alacsony hőmérséklet vernalizációra gyakorolt hatása csak egy meglehetősen szűk hőmérsékleti intervallumon belül lineáris. A vernalizációra ható teljes hőmérsékleti intervallumra ez nem érvényes.

Ezért elsősorban nemlineáris jellegű modelleket dolgoztak ki az alacsony hőmérséklet vernalizációra gyakorolt hatásának a meghatározására (Streck *et al.* 2003a).



5. ábra A napi középhőmérséklet és a vernalizációs hatásfaktor közötti összefüggés rozsra és őszi árpára vonatkozóan (Mirschel *et al.* 2005)

Figure 5. Vernalization rate function (axis y) dependent on daily mean temperature (axis x) for winter rye and winter barley

Az 5. ábrán látható $f(t_k)$ függvényeket Mirschel *et al.* (2005) határozta meg rozsra és őszi árpára vonatkozóan. Az ábrán látható hőmérsékleti tartományon kívül a függvény értéke 0. Ha a napi középhőmérséklet a függvényhez tartozó intervallumba esik, akkor az adott léghőmérsékletre tartozó relatív hatásfaktor értékét hozzáadjuk a (13) egyenlet szerint addig összegezett vernalizációs értékekhez. Amikor a DV értéke eléri az 1-et, akkor az a hatás tartamában egy vernalizációs napot jelent.

Ritchie *et al.* (1985) által a Ceres-Wheat modellben a vernalizációs hatásfaktor számítására olyan függvényt használt, ahol a vernalizációs hőmérsékleti tartományba a 0 és +15 fok közötti hőmérsékleti értékek tartoznak. Ebben a tartományban a relatív hatásfaktor értéke 0 és +7 fok között fokozatosan növekszik, +7 fok felett pedig eleinte lassan, majd később gyorsabban csökken.

A vernalizációs napok ismeretében meghatározható az $f(V)$ vernalizációs hatásfüggvény:

$$f(V) = f(VD) \quad (14)$$

A vernalizációs hatásfüggvényt is különböző formákban határozták meg. Használtnak lineáris formát (Weir *et al.* 1984, Ritchie *et al.* 1985), általánosan azonban a függvények nemlineáris jellege a jellemző.

Az AFRCWHEAT modell esetében (Weir *et al.* 1984) a $VD_b = 8$, a $VD_{full} = 33$. Ezért az $f(V)$ függvény meghatározása az alábbi feltételekkel történik: ha $VD_b < 8$, akkor $f(V) = 0$; ha $8 < VD < 33$, akkor $f(V) = (VD - VD_b) / (VD_{full} - VD_b)$; ha $VD > 33$, akkor $f(V) = 1$.

A Ceres-Wheat modell (Ritchie *et al.* 1985) szintén lineáris összefüggést használ az $f(V)$ függvény számítására: $f(V) = 1 - K(50 - VD)$. Ebben az összefüggésben a fajtától függő K koeficiens, a vernalizációhoz szükséges napok száma 50 ($VD_{full} = 50$) minden hideghatást igénylő fajtára vonatkozóan, VD pedig a tényleges vernalizációs napok száma. A K értéket 12 búzafajtára határozták meg, közöttük egy olyan is van, amit korábban hazánkban is termesztettek, ez a Bezostaja, amely esetén a K értéke 0,031.

Felmerült a gondolat, hogy egy általános jellegű vernalizációs függvényt kellene meghatározni. Ennek az lenne az előnye, hogy ez a növény fajtájától független maradna, s ezért a modell kevesebb bemeneti adatot igényelne, s biológiailag is realisabb lenne (Streck *et al.* 2003a). Ez a modell a vernalizációs napokra ($VD =$ vernalization day) épül. Amikor a növény 8–10 napnál kevesebb ideig van kitéve az alacsony hőmérsékletnek, akkor az nem vernalizálódik. Ha az alacsony hőmérsékletnek való kitétség tovább folytatódik, akkor növekvő ütemben növekszik a VD értéke mintegy 15–20 napig, majd a kitétség további folytatódásával a VD értéke lineáris módon növekszik egészen 35 napig. Ezután a hatás lassan csökken az 50. napig, amikor is a növény már vernalizáltnak tekinthető. Egy ilyen eloszlás szigmoid alakú görbével írható le. A szigmoid alakú görbe többféle függvénnyel is közelíthető. Közülük a rugalmas Morgan-Mercer-Flodin függvényt (MMF) használták, amely így írható fel (Streck *et al.* 2003a):

$$Y = \frac{a \cdot b + c \cdot X^n}{b + X^n} \quad (15)$$

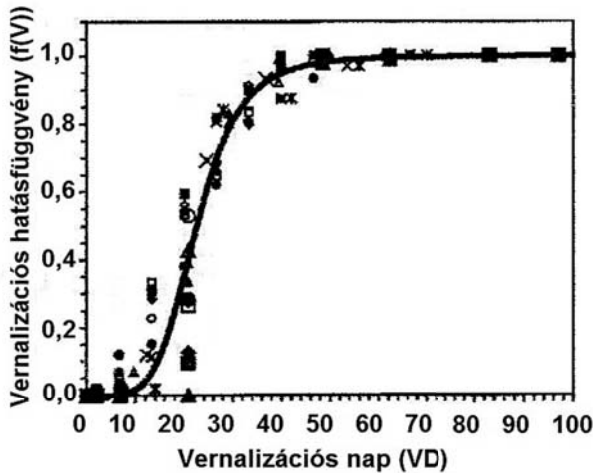
ahol Y a függő (vagyis a hatást mutató) változó, az X pedig a független (vagyis a magyarázó) változó. Az a mutatja azt az értéket, ahol $X = 0$ esetén a függvény a tengelyt metszi, c az asszimptota, amikor X közelít a végtelenhez, n az alakot formáló kitevő, a $b = (VD_{0,5})^n$, azaz a b értéke az az X érték, amelynél az Y a maximális értékének a fele.

Ebben az összefüggésben, ha az Y értékét tekintjük a vernalizációs hatásfüggvénynek ($f(V)$), az X értékét pedig a vernalizációs napnak (VD), akkor mivel $f(V)$ 0 és 1 között változik, az $a = 0$, $c = 1$ lesz. Az n kitevő növekedésével a függvény mindinkább szigmoid alakúvá válik, s tapasztalat szerint az őszi búzára vonatkozóan $n = 5$ kitevő a legmegfelelőbb választás, mivel $VD < 8$ –10 nap esetén a függvény értéke közelítőleg 0, $VD > 50$ esetén pedig 0,98, közelítőleg 1. Az összefüggés tehát így írható fel:

$$f(V) = \frac{VD^5}{(VD_{0,5})^5 + VD^5} \quad (16)$$

A vizsgált adatokból megállapítható volt, hogy az őszi búza 20–25 VD után tekinthető félig vernalizálódottnak, ezért a $VD_{0,5} = 22,5$ -nek vehető.

A függvény 12 őszi búza-fajta adatai alapján a 6. ábrán látható. Leolvasható az ábrából, hogy 8–10 vernalizációs napnál kevesebb nap esetén a vernalizációnak nincsen hatása a növényfejlődésre, 50 nap felett pedig a növény vernalizáltnak tekinthető.



6. ábra Tizenkét őszi búza-fajta adatai alapján meghatározott vernalizációs hatásfüggvény (Strecek et al. 2003a)

Figure 6. The vernalization responses of 12 winter wheat cultivars (axis x: number of vernalization days, axis y: vernalization response function)

A (16) összefüggés jobb eredményt ad, mint a korábban használt függvények, s amint az ábrából is látható, a tapasztalati adatokkal is jól megegyezik (Strecek et al. 2003a).

A FOTOPERIÓDUS HATÁSÁNAK MEGHATÁROZÁSA

A fotoperiódus a megvilágított és a sötét időszakok váltakozását jelenti. Ezt a jelenséget a megvilágított időszak hosszával, azaz a nappalhosszúsággal jellemzik. A nappalhosszúságnak évi menete van, amely hazánkban a december 21-i 8 óra körüli minimális nappalhosszúság és a június 23-i 16 óra körüli maximális nappalhosszúság közé esik. Egy adott helyre vonatkozóan a nappalhosszúság földrajzi jellemzőkből meghatározható (Varga-Haszonits és Tölgyesi 1990).

Kiszámító az óraszög (ω) a gömbháromszögtan cosinus tétele alapján:

$$\sinh = \sin \varphi \cdot \sin \delta + \cos \varphi \cdot \cos \delta \cdot \cos \omega \quad (17)$$

ahol h a napmagasság, φ a földrajzi szélesség, δ a Nap deklinációja és ω az óraszög. Napfelkeltekor vagy napnyugtakor, amikor a Nap a horizonton van, akkor a magassága nulla ($h = 0$), ezért az összefüggésbe $h = 0$ -t helyettesítve és az egyenletet átrendezve azt kapjuk, hogy

$$\cos \omega = \frac{\sin \varphi \cdot \sin \delta}{\cos \varphi \cdot \cos \delta} = -\operatorname{tg} \varphi \cdot \operatorname{tg} \delta \quad (18)$$

A (18) formula alapján az óraszög értéke kiszámítható, mivel a φ -értékek általában ismertek, a δ értékei pedig a csillagászati évkönyvekből kivehetőek. Amennyiben ez utóbbi – valamilyen oknál fogva – nem áll a rendelkezésünkre, akkor a Spencer-formulát lehet használni, amely a következőképpen adja meg a δ -értéket (Paltridge és Platt 1976, Bencze et al. 1982):

$$\delta = 0,006918 - 0,399912 \cdot \cos u + 0,070257 \cdot \sin u - 0,002697 \cdot \cos 2u + 0,000907 \cdot \sin 2u - 0,002697 \cdot \cos 3u + 0,001480 \cdot \sin 3u$$

ahol az u értékét a következő összefüggés adja meg:

$$u = \frac{2\pi}{365} \cdot n_k \quad (19)$$

Az egyenletben az n_k az év k -adik napja, ha a január 1-jét nullának, december 31-ét pedig 365-nek vesszük.

A $\cos \omega$ értékéből számítható a ω értéke ($\omega = \arccos \cos \omega$). Mivel a délkörre szimmetrikus, vagyis ugyanannyi idő telik el napkeltétől délig, mint déltől napnyugtáig, a nappal hossza óraszögben kifejezve éppen 2ω . Ha ezt az értéket óraegységekben akarjuk megadni, akkor abból kell kiindulnunk, hogy egy nap időtartama: 24 óra ($\tau = 24$ óra) alatt a Nap egy teljes kört ír le ($2\pi = 360^\circ$), ezért a napkeltétől a napnyugtáig eltelt idő (t):

$$t = \frac{\tau}{2\pi} \cdot 2\omega = \frac{24}{180} \cdot \omega \quad (20)$$

A növényfejlődést a hőmérséklet mellett a nappalhosszúság is befolyásolja. Ez a két tényező az emberi beavatkozástól független. A nappalhosszúság – amint az előzőekben bemutattuk – a földrajzi szélesség, a Nap deklinációja és az óraszög ismeretében kiszámítható.

A nappalhosszúság alapvetően a vegetatív fejlődési szakaszban fejti ki a hatását. A generatív szakaszban a növények a nappalhosszúságra már kevésbé érzékenyek. A nappalhosszúságot általában a hőmérséklettel együtt szokták figyelembe venni vagy additív vagy multiplikatív formában (Yan és Wallace 1998). Az additív forma:

$$DR = f(t) + f(P) \quad (21)$$

ahol DR a napi fejlődési ütem, $f(t)$ a hőmérsékleti hatásfüggvény, $f(P)$ pedig a fotoperiodikus hatásfüggvény.

A multiplikatív forma a következő:

$$DR = f(t) \cdot f(P) \quad (22)$$

Vannak olyan modellek, amelyekben a hőmérséklet és a nappalhosszúság vagy napsugárzás egyetlen index formájában van megadva, amit jelölhetünk $f(t, P)$ hatásfüggvényként, s ezt az indexet hozzájuk összefüggésbe a növényfejlődéssel, akár az előző összefüggésekben az $f(P)$ hatásfüggvény helyett (Yan és Wallace 1998), akár önálló formában (Caprio 1977, Varga-Haszonits 1991):

$$DR = f(t, P) \quad (23)$$

Általában az $f(P)$ függvényt szokták meghatározni különböző (lineáris, parabola, hatványkitevős vagy exponenciális) formában. Az összefüggés független változója a nappalhosszúság (P) órákban kifejezett értéke vagy a nappalhosszúság és annak kritikus értéke (P_c) közötti különbség. A valóságot jól megközelítő megoldásnak tűnik az exponenciális hatásfüggvény, amely a következő formában írható (Strecek *et al.* 2003b):

$$f(P) = 1 - \exp[-\lambda \cdot (P - P_c)] \quad (24)$$

ahol P a nappalhosszúság órákban kifejezett értéke, P_c a kritikus nappalhosszúság órákban kifejezett értéke, amely nappalhosszúság érték alatt nincsen fejlődés, a λ pedig fajtaspecifikus fotoperiódus érzékenységi koefficiense (dimenziója óra^{-1}). A Strecek *et al.* (2003b) által vizsgált búzafajták esetében a P_c értéke 9,5 óra, a λ értéke pedig $0,34 \text{ óra}^{-1}$.

A FEJLŐDÉSI ÜTEM MEGHATÁROZÁSA KOMPLEX MODELLEKKEL

A kombinált modellek legegyszerűbb formája, az additív modell, amikor a növényfejlődésre legjobban ható két elem: a hőmérséklet (t) és fotoperiódus (P) hatását kétváltozós empirikus függvénnyel adjuk meg (Saykewich 1995):

$$\frac{1}{n} = a + b + t_k + c \cdot P \quad (25)$$

ahol az n a két fenofázis közötti napok száma, az a , b és c pedig empirikus konstansok. A t_k a fenofázis középhőmérséklete, a P pedig a fenofázis alatti átlagos nappalhosszúság (óra). A (25) egyenlet additív modell, ami nem veszi figyelembe a hőmérséklet és a fotoperiódus közötti kölcsönhatást, ezért napjainkban már inkább előnyben részesítik a multiplikatív modelleket, amelyek érzékenyek a kölcsönhatásokra is (Xue *et al.* 2004). Ezekben a modellekben a növényfejlődésre hatást gyakorló két legfontosabb elem, a hőmérséklet és a fotoperiódus mellett – elsősorban a téli gabonák esetében – a vernalizáció hatását is figyelembe szokták venni.

$$\frac{1}{n} = f(t) \cdot f(P) \cdot f(V) \quad (26)$$

ahol $f(t)$ a hőmérsékleti, $f(P)$ a fotoperiodikus, $f(V)$ pedig a vernalizációs hatásfüggvény.

A multiplikatív modellek egyik változata a legerősebb korlátozó tényezőző módszer (most limiting factor), ami azt jelenti, hogy a három hatásfüggvény közül csak a minimumban lévő hatásfüggvényt veszik figyelembe. Ez a Liebig-féle minimumelv alkalmazását jelenti:

$$\frac{1}{n} = \min[f(t) \cdot f(P) \cdot f(V)] \quad (27)$$

A multiplikatív modellek tehát jobban reprezentálják a környezeti tényezők és a növényfejlődés közötti kapcsolatot, mert figyelembe veszik a kölcsönhatásokat. Ezek a modellek is különböznek azonban egymástól abban, hogy az egyes hatásfüggvényeket milyen formában határozzák meg.

Az $f(t)$ függvényt sokszor lineáris formában határozzák meg, használva a termikus idő fogalmát (Weir *et al.* 1984, McMaster és Wilhelm 1997). A kutatók jelentős része (Shaykewich 1995) azonban a nemlineáris függvényformákat részesítik előnyben. Vannak, akik a béta függvényt használják a hőmérsékleti hatás meghatározására (Yin *et al.* 1995, Wang és Engel 1998, Streck *et al.* 2003b).

A fotoperiodikus $f(P)$ hatásfüggvényt hasonlóképpen lineáris és nemlineáris formában is meghatározták. Önállóan azonban ezt a függvényt nem szokták használni, rendszerint csak valamilyen (additív vagy multiplikatív) formában a hőmérsékleti hatásfüggvényhez kapcsolva (Yan és Wallace 1998). Többnyire a fotoperiódus növényfejlődésre gyakorolt hatását exponenciális formában adják meg.

Az $f(V)$ vernalizációs hatásfüggvényt csak a hideghatást igénylő növények esetében használják, általában nemlineáris formában, amint azt korábban már bemutattuk.

A komplex növényfejlődési modellek egy jól kidolgozott formája a Wang-Engel modell (Wang és Engel 1998), vagy annak valamilyen módosított változata (Streck *et al.* 2003b, Xue *et al.* 2004). A modell általános formában így írható fel:

$$DR = DR_{\max} \cdot f(t) \cdot f(P) \cdot f(V) \quad (28)$$

ahol DR (developmental rate) a napi fejlődési ütem, DR_{\max} a fejlődési ütem maximális értéke. A DR_{\max} értéke növényfajtánként és fejlődési fázisonként változik. A hatásfüggvények 0 és 1 közötti értékeket vehetnek fel.

A fejlettségi állapotot DS (developmental stage) a napi fejlődési ütem összegezésével kapjuk meg:

$$DS = \sum_1^n DR \quad (29)$$

ahol n a napok száma. A DS értékét a keléstől számítjuk, ekkor értéke 0, a virágzáskor 1 és éréskor 2.

A MODELLEK VERIFIKÁLÁSA ÉS VALIDÁLÁSA

A modellezésben a verifikáció és a validáció általánosan használt fogalmak. A verifikáció során a ténylegesen mért adatokat a modellel számított adatokkal hasonlítják össze. Ez azt mutatja meg, hogy a modellben használt összefüggések mennyire helyesek (Mavi és Tupper 2004). A mért és számított adatok közötti összefüggés korrelációs együtthatója minél inkább közeledik az 1-hez, annál jobbnak tekinthető az alkalmazott módszer.

A validálás során megvizsgáljuk a tényleges értékek és a modellel meghatározott adatok közötti különbségeket. A modellt akkor tekintjük alkalmazhatónak és pontosnak, ha a mért értékek és a modellel meghatározott adatok közötti különbségek kicsik (Mavi és Tupper 2004), illetve ha a különbség egy gyakorlati szempontból meghatározott intervallumon belül van.

Az adatanyag felosztása

Az agroklimatológiai vizsgálatok során az adatanyagot általában három részre célszerű osztani:

- egy olyan adattömegre, amelyből a modell paramétereit empirikusan határozzák meg (bázisminta);
- egy olyan adattömegre, amelyből az empirikusan meghatározott értékeket korrigálják (korrekciós minta);
- egy olyan, a bázismintától független adattömegre, amelyből az empirikusan meghatározott értékeket ellenőrzik (tesztminta).

Általában – rendszerint adathiány miatt – elegendő az adattömeget bázismintára és tesztmintára felosztani. A gyakorlatban azonban nem mindig lehet a modell verifikálását független mintán elvégezni. Ebben az esetben – elegendően hosszú adatsorok esetén – egy lehetséges megoldás a sorok felezése, valamilyen módon két részre történő felosztása. Az adatbázis első felét lehet a modell kidolgozására, a másik felét pedig a modell validálására használni. Ezt a módszert kereszt-validitási módszernek nevezik. Az adatbázis megosztásánál arra kell ügyelni, hogy a megfigyelések száma legalább 4-5-szöröse legyen a modellben szereplő független változóknak (Hunyadi *et al.* 1996).

A módszer verifikálása

A verifikáció – van Waveren *et al.* (1999), valamint Mavi és Tupper (2004) szerint – a modellben szereplő összefüggések korrektségének vagy helyes voltának a tesztje. Ezt a tesztvizsgálatot úgy végzik, hogy a vizsgált rendszerre vonatkozóan mért adatokat összehasonlítják a modellszámítással kapott adatokkal, s ha az egyezés jó, akkor igazolt a modellben alkalmazott függvényyszerű összefüggés korrektsége.

A tényleges és a modellel meghatározott adatok közötti összefüggés akkor determinisztikus, ha fennáll az $y = x$ egyenlőség. Ha ez a feltétel nem teljesül, akkor az x egységnyi változásával az y valamilyen a együttható szerint változik, azaz az összefüggés a következő formában írható: $y = a \cdot x$. Az összefüggés legfontosabb paramétere a korrelációs együttható (r), amely az összefüggés szorosságát mutatja. Minél nagyobb a korrelációs együttható értéke (azaz minél közelebb van 1-hez), annál szorosabb az összefüggés. Ha az r értéke 1, akkor az összefüggés determinisztikus, azaz az x értéknek vele azonos értékű y felel meg. A korrelációs együttható négyzete, amit determinációs együtthatónak nevezünk, azt mutatja meg, hogy a független változók milyen arányban (százalékban) okozzák a függő változó megváltozását. Ezzel válasz kapható arra a kérdésre, hogy a meteorológiai elemek milyen mértékben befolyásolják a növény életjelenségeinek alakulását.

A módszer validálása

A modell validálása – bár ez a szakirodalomban eléggé ellentmondásos fogalomnak tűnik – azt jelenti, hogy a modell által kapott értékeket összehasonlítjuk egy független minta adataival, s megvizsgáljuk, hogy a két adatsor mennyire egyezik (van Waveren *et al.* 1999). A modellépítés során számos tényezőt elhanyagolnak, ezért a kidolgozott módszerekkel

becsült értékek többnyire nem esnek egybe a tényleges értékekkel még a bázis mintában sem, amelynek adatai alapján a módszer empirikus paramétereit meghatározták. A tényleges értékek és a becsült értékek közötti különbségeket reziduális különbségeknek vagy egyszerűen reziduumoknak nevezzük.

Az összefüggés pontosságának meghatározására a reziduumok szórását szokás felhasználni, amely a következőképpen adható meg (Theiss 1958, Wallach és Goffinet 1989):

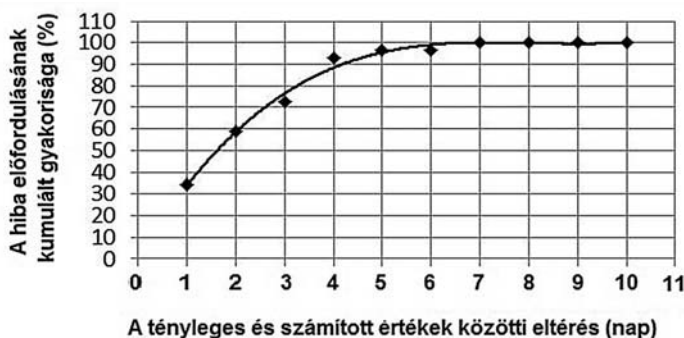
$$S_y = \sqrt{\frac{(y_t - y_{sz})^2}{n}} = \sigma_y \cdot \sqrt{(1 - r^2)} \quad (30)$$

ahol S_y a meghatározás pontossága (a reziduumok szórása), amelyet a becslés standard hibájának is neveznek, az y_t a tényleges érték, y_{sz} a számított érték, n a számításnál figyelembe vett esetek száma, a σ_y a független változó szórása, r pedig a korrelációs koefficiens. A módszer validálását a tesztmintán végzik el. A cél az, hogy olyan módszert dolgozzanak ki, amelynél a becslés standard hibája (S_y) első lépésben kisebb, mint a függő változó szórása (σ_y), majd a módszer további pontosítása azt követeli meg, hogy a következő módszer standard hibája S_y^{k+1} kisebb legyen, mint S_y^k , vagyis

$$\sigma_y > S_y^1 > S_y^2 > \dots > S_y^n$$

ahol az $S_y^1, S_y^2, \dots, S_y^n$, az egymás után kidolgozott módszerek szórását jelenti.

Ezzel az eljárással dönthető el, hogy az újonnan kidolgozott modell mennyire pontos, és hogy jobb eredményeket ad-e a korábbi módszereknél.



7. ábra Az őszi búza szárbaindulás-kalászás időszakának tényleges tartama és a fototermikus index (hőmérséklet/napfénytartamösszeg) alapján számított tartama közötti napokban kifejezett különbség előfordulásának kumulatív gyakorisága (Iregszemcse, 1955–1984) Forrás: saját számítás

Figure 7. Cumulative frequency (%; axis y) of difference (in days, axis x) between actual length of shooting-heading phenophase and calculated length on the base of photothermal index (Iregszemcse, 1955–1984)

Gyakorlati szempontból azonban azt is fontos lehet tudni, hogy bizonyos nagyságú hibák milyen gyakorisággal fordulnak elő (*Varga-Haszonits 1977*). Ehhez a becslési hibák abszolút értékeinek a kumulatív gyakorisági eloszlását kell meghatározni, s az eredmények táblázatos vagy grafikus formában közölhetők. A 7. ábrán leolvasható, hogy az esetek 70%-ában a meghatározás hibája három napnál kisebb, vagyis minden három esetből kettőben a hiba kisebb, mint három nap.

Review

Methodological basis of modelling impact of meteorological factors on plant development

ZOLTÁN VARGA-HASZONITS – ZOLTÁN VARGA

University of West Hungary
Faculty of Agricultural and Food Sciences
Agrometeorological Department
of Institute of Mathematics, Physics and Informatics
Mosonmagyaróvár

SUMMARY

It is important for agricultural production to study the impacts of meteorological factors on the important cultivated crops. In this respect there is a need for methods which can determine the date of phenological events with sufficient accuracy in a given area. Modelling the relationship between meteorological elements and plant development can be divided into the following three groups:

- methods based on the relationship between degree-days and development;
- methods calculating the average developmental rate by the help of empirical formulas;
- methods quantifying developmental rate as a function of temperature, photoperiod and vernalization.

These options are reviewed in this paper.

Keywords: temperature, sum of temperatures, thermal time, photoperiod, vernalization, development, modelling.

IRODALOM

- Bencze P. – Major Gy. – Mészáros E.* (1982): Fizikai meteorológia. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- Butterfield, R. E. – Morison, J. I. L.* (1992): Modelling impact of climate warming on winter cereals development. *Agricultural and Forest Meteorology* **62**, 241–261.

- Caprio, J. M. (1977): The solar thermal unit concept in problems related to plant development and potential evapotranspiration. In: *Landsberg, J. J. – Cutting, C. V.* (eds): Environmental Effects on Crop Physiology. Academic Press, London. 353–364.
- Charles-Edwards, D. A. – Doley, D. – Rimmington, G. M. (1986): Modelling plant growth and development. Academic Press, Sydney.
- Gorisina, T. K. (1979): Ekologija rasztyenyij. Viszsza skola, Moszkva.
- Goudriaan, J. – van Laar, H. H. (1994): Modelling Potential Crop Growth Processes. Kluwer Academic Publications, Dordrecht.
- Hunyadi L. – Mundruczó Gy. – Vita L. (1996): Statisztika. Aula Kiadó, Budapest.
- Liu, D. L. (2007): Incorporating vernalization response functions into an additive phenological model for reanalysing the flowering data of annual pasture legumes. Field Crop Research. **101**, 331–342.
- Mavi, H. S. – Tupper, G. J. (2004): Agrometeorology. Principles and Applications of Climate Studies in Agriculture. Food Product Press, London.
- McMaster, G. S. – Wilhelm, W. W. (1997): Growing degree day: one equation, two interpretations. Agricultural and Forest Meteorology. **87**, 291–300.
- Mirschel, W. – Wenkel, K.O. – Schultz, A. – Pommerening, J. – Verch, G. (2005): Dynamic phenological model for winter rye and winter barley. European Journal of Agronomy. **23**, 123–135.
- Monteith, J. L. (1981): Climatic variation and growth of crops. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society. **107**, 749–774.
- Paltridge, G. W. – Platt, C. M. R. (1976): Radiative process in meteorology and climatology. Elsevier Scientific Publisher Company, Amsterdam.
- Pethő M. (1993): Mezőgazdasági növények élettana. Második, átdolgozott kiadás. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- Réaumur, R. A. F. (1735): Termometric observations made at Paris during the year 1735, compared to those made below the equator on the Isle of Mauritius, at Algiers and on few American Islands. Acad. Sci. Memoirs Acad. Sci. Paris. 545. Cit. by: Saykewich, C. F. (1995): An appraisal of cereal crop phenology modelling. Canadian Journal of Plant Science 75: 329–341.
- Ritchie, J. T. – Godwin, D. C. – Otter-Nacke, S. (1985): CERES-Wheat: A Simulation Model of Wheat Growth and Development. Texas A&M Univ. Press, College Station, Texas.
- Robertson, G. W. (1983): Weather-based mathematical models for estimating development and ripening of crops. WMO Technical Note No. 180. Geneva.
- Saykewich, C. F. (1995): An appraisal of cereal crop phenology modelling. Canadian Journal of Plant Science. **75**, 329–341.
- Streck, N. A. – Weiss, A. – Baezinger, P. S. (2003a): A generalized response function for winter wheat. Agronomy Journal. **95**, 155–159.
- Streck, N. A. – Weiss, A. – Xue, Q. – Baezinger, P. S. (2003b): Improving predictions of developmental stages in winter wheat: a modified Wang and Engel model. Agricultural and Forest Meteorology. **115**, 139–150.
- Szalai I. (szerk.) (1974): Növényélettan I–II. Tankönyvkiadó, Budapest.
- Theiss E. (szerk.) (1958): Korreláció és trendszámítás. Közgazdasági és Jogi Kiadó, Budapest.
- Varga-Haszonits Z. – Lexa I. (1967): Útmutatás kultúrnövényfenológiai megfigyelésekre. Kézirat. Országos Meteorológiai Szolgálat, Budapest.
- Varga-Haszonits Z. (1967): A Bánkúti 1201 búzafajta vetés-keelés szakaszának hőmérsékleti viszonyai. Időjárás. **61**, 334–338.
- Varga-Haszonits Z. (1977): Agrometeorológia. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- Varga-Haszonits Z. (1987): Agrometeorológiai információk és hasznosításuk. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- Varga-Haszonits Zoltán – Tölgyesi L. (1990): A globálsugárzás és a fotoszintetikusan aktív sugárzás számítása rövid időszakokra. Beszámoló az 1986-ban végzett tudományos kutatásokról, OMSz, Budapest, 83–106.

- Varga-Haszonits Z. (1991): Relationship between the development rate of winter wheat and meteorological factors. *Acta Agronomica Óváriensis* **34**, 3–12.
- Varga-Haszonits Z. (2004): Az éghajlatváltozás és a mezőgazdasági termelés közötti kapcsolat elemzésének elvi-módszertanai alapjai. *Acta Agronomica Ovariensis*. **46**, 135–150.
- Van Waveren, R. H. – Groot, S. – Scholten, H. – Geer, F. C. – de Wosten, J. H. M. – Koeze, R. D. – Noort, J. J. (1999): Good modelling practice handbook. Stowa report 99-05. Dutch Dept. of Public Works, Institute of inland water management and waste water treatment, report 99.036, ISBN 90-5773-056-1. (<http://waterlaand.net/riza/aquest/>).
- Wallach, D. – Goffinet, B. (1989): Mean squared error of predictions as a criterion for evaluating and comparing system models. *Ecological Modelling*. **44**, 299–306.
- Wang, E. L. – Engel, T. (1998): Simulation of phenological development on wheat crops. *Agricultural Systems*. **58**, 1–24.
- Wareing, P. F. – Phillips, I. D. J. (1982): Növényi növekedés-élettan. Natura Kiadó, Budapest.
- Weir, A. H. – Bragg, P. L. – Porter, J. R. – Rainer, J. H. (1984): A winter wheat crop simulation model without water or nutrient limitations. *Journal of Agricultural Science*. **102**, 371–382.
- Williams, J. R. – Jones, C. A. – Kiniry, J. R. – Spanel D. A. (1989): The EPIC Crop Growth Model. *Transactions of the ASAE*. **32**, 497–511.
- Xue, Q. – Weiss, A. – Baezinger, P. S. (2004): Predicting phenological development in winter wheat. *Climatic Research*. **25**, 243–252.
- Yan, W. – Wallace, D. (1998): Simulation of Prediction of Plant Phenology for Five Crops Based on Photoperiod x Temperature Interaction. *Annals of Botany*. **81**, 705–716.
- Yan, W. – Hunt, L. A. (1999): An Equation for Modelling the Temperature Response of Plants using only the Cardinal Temperatures. *Annals of Botany*. **84**, 607–614.
- Yin, X. – Kropff, M. J. – McLaren, G. – Visperas, M. R. (1995): A nonlinear model for crop development as a function of temperature. *Agricultural and Forest Meteorology*. **77**, 1–16.

A szerzők levélcíme – Address of the authors:

VARGA-HASZONITS Zoltán – VARGA Zoltán
 Nyugat-magyarországi Egyetem
 Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar
 H-9200 Mosonmagyaróvár, Vár 2.
 E-mail: vargahz@mtk.nyme.hu
varzol@mtk.nyme.hu



Szemle

A szőlő veszedelmes, új betegségét okozó *Flavescence dorée* (FD) fitoplazma és vektorrovarának (*Scaphoideus titanus* Ball) elterjedési veszélye Magyarországon

BENEDEK PÁL

Nyugat-magyarországi Egyetem
Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar
Környezettudományi Intézet
Állattani Intézeti Tanszék
Mosonmagyaróvár

ÖSSZEFOGLALÁS

A szőlő aranyszínű sárgaságot okozó fitoplazma (*Flavescence dorée*) új és veszedelmes szőlőbetegség Európában. Terjesztője egy Észak-Amerikából behurcolt kabóc faj, a *Scaphoideus titanus* Ball, ami kifejezetten a szőlőfajokon (*Vitis* L.) táplálkozó, szűken oligofág rovar. A kórokozó és a vektor együttes előfordulásakor a betegség járványszerű gyorsasággal terjedhet az ültetvényekben. A kórokozó fitoplazmát 2013 augusztusában, illetve szeptemberében Kerkateskánd és Badacsonytomaj környékén Magyarországon is kimutatták. A vektorkabóca viszont már 2007–2008-ban megtelepedett az ország déli és délnyugati területein, és azóta fokozatosan terjed. Rendkívül fontos ezért megelőzni azt, hogy a kórokozó fitoplazma ellenőrizetlen, fertőzött szaporítóanyaggal, a betegséggel sújtott hazai körzetekből és európai országokból további helyekre bekerülhessen Magyarországra. Ennek megakadályozása elsősorban a szőlőfajták szaporításával és a szőlőtelepítéssel foglalkozó szakemberek felelőssége. Ez a tanulmány a szakirodalom áttekintésével ismerteti a kórokozó és a rovar elterjedését, életmódját, a betegség tüneteit és epidemiológiáját, valamint a megelőzés és a védekezés lehetőségeit.

Kulcsszavak: szőlő, *Flavescence dorée* (FD) fitoplazma, a betegség tünetei, epidemiológiája, kártétele, *Scaphoideus titanus*, életmód, elterjedés, a betegség megelőzése, a védekezés lehetőségei.

BEVEZETÉS

A szőlőszárazság oly an betegségek együttese, amelynek kórokozóit fitoplazmák. A kórokozók a világ szőlőterületein sokfelé előfordulnak és az utóbbi évtizedekben jelentőségük egyre növekszik. A problémát nagyban megnehezíti az a körülmény, hogy szinte teljesen

azonos szindrómát többféle, különböző fitoplazma is előidézi, ezért pusztán a tünetek alapján nehéz a kórokozók azonosítása. A tünetek a kórokozók faji identitásától függetlenül a szőlő hajtásain, levelein és fürtjein is teljesen hasonlóak.

A tipikus tünetek közül legáltalánosabb a levélerek és a levéllemez sárgás elszíneződése, részleges elhalása, torzulása, a levélszélek lefelé görbülése, a hajtások hiányos elfásodása, a vesszők satnyulása, részleges pusztulása, a háncsrész részleges hiánya. Jellemző a virágzatok elhalása, a fürtkezdemények fonnyadása, elszáradása. A megbetegedés rontja a szőlő minőségét, a megfertőzött fürtöknek magas a sav- és alacsony a cukortartalma. Ezek a tünetek a háncs eltömődésének, a szállítószövetek degenerációjának a következményei (Lee et al. 2000).

A szőlő sárgaságát okozó fitoplazmák rovarokkal terjedő kórokozók, ezért terjedésük az átvívó rovarvektor elterjedésétől függ. Az egyes fitoplazma kórokozókra nagyfokú vektor-specifikusság jellemző (Lefol et al. 1994), egy-egy kórokozó átvitele, terjesztése ezért egy vagy néhány, meghatározott rovarvektor faj tevékenységével van kapcsolatban. Nagyon fontos körülmény, hogy szaporítóanyagok szállításával, terjesztésével, fertőzött szaporítóanyagok elszaporításával maga az ember is hozzájárulhat és hozzá is járul a kórokozó fitoplazmák terjesztéséhez, még hozzá sokszor igen nagy távolságokra. Olyan nagy távolságokra, amire a rovarvektor és kórokozó emberi segítség nélkül nem volna képes eljutni. Így tehát maga az ember is a kórokozó vektorává lesz. Ez hatalmas kockázatot jelent, mert így a szőlősárgaság kórokozói rövid idő alatt olyan területekre is eljutnak, és ott elhatalmasodnak, ahol azelőtt nem fordultak elő, holott a potenciális rovarvektor esetleg őshonos, vagy emberi tevékenység következtében a kórokozóval együtt a rovarvektor véletlen behurcolása is megtörténik. Bár az európai szőlőfaj (*Vitis vinifera* L.) fajtái és az alanyfajták (*Vitis riparia*, *V. berlandieri* stb.) körében sem ismertek rezisztens típusok, az egyes fajták érzékenysége között jelentős különbségek vannak. A megbetegedés tipikus tünetei ezért különböző szőlőfajtákon eltérő mértékben manifesztálódnak. A különböző szőlőfajták és alanyok jelentősen eltérnek a megbetegedés súlyosságát illetően is, mert a legérzékenyebb fajtákon nagyon gyors leromlás és elhalás következik be, míg toleráns típusok és alanyfajták a kórokozók tünet nélküli hordozói lehetnek (Caudewell et al. 1994). A szőlőt megbetegítő fitoplazmák által okozott betegségek Magyarországon is előfordulnak, helyenként számottevő gyakorisággal.

A SZŐLŐ SÁRGASÁGÁT OKOZÓ FITOPLAZMA KÓROKOZÓK EURÓPÁBAN

A szőlő sárgaságát a világon több különböző fitoplazma okozza, amelyek felsorolását Boudon-Padieu (2003) munkájában találhatjuk meg. Európában ezek közül napjainkban még csak két sárguláshoz vezető megbetegedést ismerünk, amelyek kóroktana sokáig konfúzus volt és csak a legutóbbi évtizedben kezdik felderíteni. Az egyik, a *Bois noir* (rövidítve BN), a másik a *Flavescence dorée* (rövidítve FD). Ezeken kívül Ausztráliában és Új-Zélandon fordul elő egy harmadik típus, az *Australian grapevine yellows*, amelynek kórokozója a *Phytoplasma australense* [CPA; 16SrXII-B]. Az USA területén ismeretes továbbá a *Virginia grapevine yellows*, de ennek kóroktana még kevésbé feltárt.

***Bois noir* (BN) fitoplazma**

A *Bois noir* (BN) a szőlő fekete vesszőjűségét okozza.

A betegség más nevei: Fekete vesszőjűség, Legno nero, Schwarzholzkrankheit, Vergilbungskrankheit, Black wood, Mediterranean yellows, Grapevine bois noir phytoplasma, EPPO computer code: GVBNXX, EPPO A2 list: No. 94, EU Annex designation: II/A2.

Kórokozója a Stolbur fitoplazma 16Srl törzse (aster yellows) Franciaországban (*Quartau et al.* 2001), a Stolbur 16Srl-B (aster yellows) Olaszországban (*Borgo et al.* 2005) és Tuniszban (*M'hirsi et al.* 2004), a Stolbur fitoplazma közelebből nem identifikált törzse Ukrajnában (*Milkus et al.* 2005) és Szerbiában (*Gera et al.* 2005), valamint a Stolbur fitoplazma 16SrXII-A törzse Chilében. Az utóbbi években a *Bois noir* járványszerű fellépését észlelték Ausztriában (*Leitner* 2004), Szlovéniában (*Petrovic et al.* 2004) és Dél-Tirolban (*Roschatt és Has* 2005), a kórokozó rassz közelebbi identifikálása nélkül. A betegség vektora a *Hyalesthes obsoletus* Sign. kabócafaj.

Elterjedése: A legújabb adatok szerint előfordulása az EPPO régióban a következőképpen jellemezhető (*CABI és EPPO* 1996): Franciaország (Auvergne, Bourgogne, Languedoc-Roussillon, Rhône-Alpes), Németország (Mittelrhein, Mosel-Saar-Ruwer, Nahe, Rheinhessen, Rheinpfalz), Izrael (valószínűsíthető), Olaszország (Emilia-Romagna, Friuli-Venezia Giulia, Lazio, Liguria, Lombardia, Sicily), Szlovénia (valószínűsíthető), Spanyolország (Cataluña: *Battle et al.* 1995), Svájc (valószínűleg a *Bois noir*: *Cazelles és Kuszala* 1993). A szőlő fekete vesszőjűsége szintén előfordul Bulgáriában, Görögországban, Moldovában, Romániában, Tuniszban (*Caudwell et al.* 1987, *Caudwell* 1990) és Magyarországon.

***Flavescence dorée* (FD) fitoplazma**

A *Flavescence dorée* (FD) fitoplazma a szőlő aranyszínű sárgaságát okozza.

A betegség más nevei: Szőlő aranyszínű sárgaság, Baco 22A disease, Flavescencia dorada, Flavescenza dorata.

EPPO computer code: GVFDXX, EPPO A2 list: No. 94, EU Annex designation: II/A2.

A *Flavescence dorée* (FD) fitoplazma a legfontosabb és a legjobban tanulmányozott szőlő sárgaság. Ez egy járványos megbetegedés, amit a fertőzött szőlőültvényekben gyors terjedés jellemez, mert vektora egy gyorsan mozgó, agilis kabócafaj, és a betegség a szőlő gyors hanyatlását idézi elő.

Kórokozója: A *Grapevine flavescence dorée* fitoplazma.

Gazdanövényei: A *Flavescence dorée* (FD) fitoplazma fő gazdanövényei a szőlőfajok, legfőképpen az európai szőlő (*Vitis vinifera*), de arról is vannak adatok, hogy az alanyfajta előállításban jelentős, észak-amerikai parti szőlő (*V. riparia*) szintén fertőződhet természetes úton (*Maixner és Pearson* 1992). A kórokozót szőlőről rovarok által laboratóriumban sikerült átvinni más növényekre is (*Vicia faba* és *Chrysanthemum carinatum*), majd onnan visszafertőzni szőlőre (*Maixner és Pearson* 1992). Az EPPO régióban az európai szőlő (*V. vinifera*) az egyetlen ismert gazdanövénye (az Európában honos *V. silvestris* fajra nézve még nincsenek adatok, de mivel ez a nemesített, európai szőlő őse, nagyon valószínű, hogy a kórokozó ez is gazdanövénye lehet).

A betegséget az Észak-Amerikából Európába behurcolt *Scaphoideus titanus* Ball kabóca terjeszti, ami több olyan országban is előfordul, ahol a *Flavescence dorée* fitoplazmát még nem mutatták ki.

Elterjedése és járványai: A betegség legelőször Dél-Franciaországban jelent meg 1955-ben, azonban a fertőző jellegét csak akkor sikerült bizonyítani, amikor a kabóca vektorát azonosították (Schvester *et al.* 1963). A *Flavescence dorée* betegséget előidéző kórokozót – mint a legtöbb fitoplazmát – kezdetben vírusnak hitték, mígnem sikerült a fertőzött szőlőből és egy kabóca testéből láthatóvá tenni (Caudwell *et al.* 1971). Az ezt követő évtizedekben, más országokban is hasonló megbetegedéseket írtak le, azonban a szőlővírusok és víruszerű betegségek vizsgálatával foglalkozó Nemzetközi Tanács (International Council for the Study of Viruses and Virus-like Diseases of the Grapevine, ICVG) a *Flavescence dorée* elnevezést kizárólag a *Scaphoideus titanus* Ball vektorral terjedő szőlőszárgaságra használta (Bovey és Martelli 1992).

Az 1960-as években a *Flavescence dorée* (FD) fitoplazma első járványszerű fellépését Dél-Franciaországban és Korzikán észlelték (Chalosse és Armagnac). Olaszországban legelőször 1964-ben figyelték meg Oltrepó Pavese környékén (Lombardia), Észak-Olaszországban ugyanakkor észlelték a vektor előfordulását is (Vidano 1964). Franciaországban második, nagy fellépése a 80-as években történt, Dél-Franciaország délnyugati részén (Languedoc) és azóta Franciaország egész területén elterjedt (Descoins 1995, Daire *et al.* 1997a), sőt a 90-es évek elején már aggasztó méretűvé vált a megbetegedés. A *Flavescence dorée* elleni védekezést ezért Franciaországban ma már kötelező előírások szabályozzák, a Francia Regionális Növényvédelmi Szolgálat felügyelete alatt. A 90-es évek elejére a betegség Észak-Olaszországban Piemonte, Liguria, Lombardia, Friuli-Veneto-Giulia tartományokban is hatalmas méretűvé vált.

A 90-es években fertőzött növények szöveteiből származó mintákon lehetővé vált a betegségeket okozó fitoplazmák precíz azonosítása, és ezáltal a szűkebb értelemben vett *Flavescence dorée* előfordulásának egyértelmű meghatározása. Így a *Flavescence dorée* jelenlétét Észak-Olaszország Piemonte, Liguria, Lombardia, Friuli-Veneto-Giulia tartományaiban szerológiai és molekuláris módszerekkel is megerősítették (Belli *et al.* 1985, Bertaccini *et al.* 1995, Bianco *et al.* 1996, Daire *et al.* 1997a, 1997b, Martini *et al.* 1999, Osler *et al.* 1992). A betegséget 1996-ban Spanyolországban is kimutatták ki (Batlle *et al.* 1995), s azóta folyamatosan terjed az országban. A betegség azóta már Portugáliában (Sousa *et al.* 2003) és Szerbiában (Duduk *et al.* 2003) és 2005-ben Szlovéniában is megjelent, s évente egyre jobban elterjedt az országban (Min. Agr. Environment, Slovenia, 2011). Pearson *et al.* (1985) *Flavescens doreé*-szerű tüneteket vélt felfedezni az USA területén, New York államban, de a betegség észak-amerikai megjelenésére azóta sincs bizonyíték, és újabb gyanú sem merült fel felbukkanására.

Az utóbbi évtizedek adatai szerint előfordulása az EPPO régióban a következőképpen jellemezhető (OEPP/EPPO 1983, CABI és EPPO 1996): Franciaország (aktív terjedése figyelhető meg a következő régiókban: Aquitaine, Languedoc-Roussillon and Midi-Pyrénées, Corsica, Jura, Rhône-Alpes, Bourgogne, Champagne, Centre, Pays de Loire Descoins (1995), Olaszország (Lombardia, Liguria, Piemonte, Veneto tartományok), Spanyolország, Portugália, Szerbia, Szlovénia.

Napjainkban, Európában a *Flavescence dorée* fitoplazma a szőlő legsúlyosabb betegsége, mivel a termés hozam rendkívüli mértékben csökken és a tőkék gyors pusztulásnak indulnak (1. ábra).



1. ábra A szőlő aranszínű sárgaság (*Flavescence dorée* (FD) fitoplazma) tünetei szőlőtőkén

Figure 1. Typical symptoms of *Flavescence dorée* (FD) phytoplasma disease in a seriously infected grapevine plantation (in France)

A *Flavescence dorée* (FD) fitoplazmát járványszerű terjedése miatt az Európai Növényegészségügyi Szervezet (EPPO) zárlati károsítónak nyilvánította (Anonym 1997), így az Európai Unió valamennyi tagállamában kötelező a betegség bejelentése az illetékes növényegészségügyi szolgálatnál, és észlelése után az ellene való védekezés megszervezése. Ha a vektorkabóca ellen nem folytatnak megfelelő védekezést, az ültetvényekben évente megtízszereződhet a fertőzött állomány kiterjedése, vagyis egy adott tábla néhány év elteltével 100%-os fertőzést mutathat. A fertőzött állományokat ezért szükséges felszámolni, ez azonban a helyi termelés hanyatlásához és tájfajták kipusztulásához vezethet.

MAGYARORSZÁGI HELYZET

Magyarországon a szőlősárgaságot okozó betegségek közül a *Bois noir* betegség kórokozója, a sztolbur fitoplazma 11 megyében, a szőlőültetvényekben valamennyi hazai borvidéken előfordul.

A fitoplazmás megbetegedés következtében a szőlőtőkék folyamatosan leromlanak, azonban ennek a betegségnek az eddig ismert vektora (a *Hyalesthes obsoletus* kabócafaj) több

tápnövényű, polifág kártevő, tehát nem ragaszkodik a szőlőhöz, ezért szőlő ültetvényeinkben nem fordul elő jelentős egyedszámban (a szerző saját tapasztalata, leközletlen eredmények alapján). A betegség terjedése ezért a szőlőültetvényekben annak ellenére nagyon lassú folyamat, hogy a betegség vektora, az országban minden tájkerületben megtalálható. A *Flavescence dorée* (FD) fitoplazma hazánkhoz legközelebbi igazolt előfordulása Szlovénia (*Min. Agr. Environment, Slovenia*, 2011) és Szerbia területére esik (CABI és EPPO 1996), és a kórokozót 2013-ban Magyarországon is kimutatták. A NÉBIH Molekuláris Biológiai Laboratóriuma ugyanis DNS szekvencia vizsgálatokkal két magyarországi körzetből (Letenye közelében Kerkateskánd község határából, valamint a Szőlészeti és Borászati Kutatóintézet Badacsonyi Kutató Állomás ültetvényében Badacsonytomajon) 2013. augusztusban, illetve novemberben vett mintákból azonosította a kórokozó jelenlétét, ezen kívül Tornyiszentmiklós határában is találtak FD fitoplazmával fertőzött szőlőnövényt (Dancsházy és Szőnyegi 2014). Mivel a kórokozó a vektorkabóca útján évente csak kisebb, viszont fertőzött szaporítóanyaggal korlátlanul nagyobb távolságra terjed, széthurcolása az országban fertőzött szaporítóanyaggal igen nagy veszélyt jelentene. Veszélyessége abban rejlik, hogy vektora egy csak szőlő fajokon élő, szűken oligofág (más értelmezés szerint „monofág”) kártevő, ami tehát kizárólag szőlőn táplálkozik, ezáltal gyorsan, járványszerű sebességgel képes terjeszteni a kórokozót. A szőlő aranyszínű sárgaság, vagyis a *Flavescence dorée* (FD) fitoplazma leküzdése új, nagy kihívást jelent a hazai szőlőtermesztőknek (Dula B-né 2014).

Az ellene való védekezést nálunk a Földművelésügyi és Vidékfejlesztési Miniszter által a növényegészségügyi feladatok végrehajtásának részletes szabályairól kiadott 7/2001 (I. 17.) FVM számú rendelete szabályozza. Előírja a *Grapevine flavescence dorée fitoplazma* Magyarországra való behozatalának tilalmát *Vitis* L. növényeken, a termés és a nemesítési kísérletekben felhasználható szőlőmag (vetőmag) kivételével. Kötelezővé teszi a *Flavescence dorée* (FD) fitoplazma észlelésének bejelentését a növényegészségügyi hatóságnál, és beazonosítása után kötelezővé teszi megfelelő intézkedések megtételét a fertőzött növényekkel és a kórokozó vektorával kapcsolatban. A NÉBIH Növény-, Talaj- és Agrárkörnyezetvédelmi Igazgatóságán új szemléletű intézkedési rendet dolgoztak ki a kórokozóval fertőzött góccok felszámolására és a kórokozó terjedésének megelőzésére (Dancsházy és Szőnyegi 2014). Ennek lényege az igazoltan (DNS vizsgálatokkal alapján) fertőzött szőlőtőkék haladéktalan megsemmisítése, valamint 1 km körön belül ún. *fertőzött terület*, 3 km körön belül pedig *puffer zóna* kijelölése. A fertőzött területen és a puffer zónában differenciált felderítési és védekezési feladatok végrehajtása válik kötelezővé.

A FLAVESCENCE DORÉE (FD) FITOPLAZMA KÓROKTANA ÉS EPIDEMIOLOGIÁJA

A *Flavescence dorée* (FD) fitoplazmát kezdetben a fertőzött szőlőtőkékben és a kabóca vektorban mikroszkóppal tették láthatóvá (Marzorati et al. 2006), a későbbiekben pedig antitestek és DNS-alapú módszerek felhasználásával jellemezték. A *Vitis* fajok a *Flavescence dorée* (FD) fitoplazmának egyedül ismert gazdanövényei. Miként minden fitoplazma, ez a

kórokozó is a fertőzött szőlő hánccszövetében lokalizálódik, ahonnan a kórokozó vektora táplálkozása közben felveszi, és azután terjeszti azt. Egyetlen vektorrovar jelenléte is elegendő ahhoz, hogy a kórokozót átvigye, és ezáltal terjesztetni kezdje a gazdanövények között, s így elindítója legyen egy járvány kialakulásának.

A *Flavescence dorée* (FD) fitoplazma vektorspecifikus kórokozóként ismert, mert átvitelére természetes körülmények között mai tudásunk szerint csak egyetlen rovarfaj, a *Scaphoideus titanus* Ball kabóca képes (Boudon-Padieu 2005).

A betegség terjesztése szempontjából igen fontos tény, hogy a kórokozó egyetlen ismert, természetes vektorának, a *Scaphoideus titanus* kabóca fajnak mai tudásunk szerint nincs semmilyen alternatív tápnövénye, kizárólag a szőlőhöz ragaszkodik, vagyis a szőlőfajokon monofág állat. Teljes életciklusa, a lárvák fejlődése és az imágók élete is szőlőnövényszekrényeken zajlik. Ez a kabócafaj őshazájában, Észak-Amerikában közönséges kártevő a termesztett európai szőlőn (*Vitis vinifera*) és a vadonélő amerikai partszőlőn (*V. riparia*) (USA) (Maixner et al. 1993). Maga a fitoplazma azonban az amerikai kontinensen ismeretlen, ezért specialisták azt feltételezik, hogy a kórokozó európai eredetű, és valószínűleg egy eddig felderítetlen, vadon termő növény máig ismeretlen megbetegítője volt, amelyről ez az Európába behurcolt szőlőspecifikus kabóca véletlenül vitte át a szőlőre, itt Európában! Maga a fitoplazma a rovar táplálkozásakor a szőlő nedveivel együtt a rovar emésztőcsatornájába kerül. Az enzimek bontó hatásának képes ellenállni, nem emésztődik meg, hanem életben marad és felszívódik a rovar hemolimfájába. A hemolimfa közvetítésével eljut a kabóca nyálmirigyeibe, ott megtelepszik és elszaporodik. A fertőzött rovarvektor nyálmirigyeiből szerológiai módszerekkel (ELISA) kimutatható (Boudon-Padieu et al. 1989). Ez perzisztens, más néven propagatív vagy cirkulációs kórokozó átvitel, ami a rovar élete végéig működik.

Bár kutatók laboratóriumi körülmények között egy másik kabócafajjal (*Euscelidius variegatus*) szőlőről mesterségesen képesek voltak ezt a kórokozót többféle növényre átvinni szőlőről *Vicia faba* növényre, majd erről másik *V. faba* növényre és *Pisum*, *Chrysanthemum*, *Lupinus*, *Catharanthus roseus* egyedekre. Ilyen átvitel azonban a természetben nem fordul elő.

Figyelemre méltó adat, hogy Olaszországban a vektorkabóca imágóit kényszertáplálkozás közben szőlő ültetvények közelében megtalálták iszalagon is (*Clematis vitalba*), és ebben a növényben a vektorkabóca jelenléte után *Flavescence dorée* kórokozója, a FD-C fitoplazma is kimutatható volt (Arnaud et al. 2006). Ennek azonban egyelőre nem kell különös jelentőséget tulajdonítanunk, mert az még további vizsgálatokat igényel, hogy ez a növényfaj bármilyen szerepet töltsen be a *Flavescence dorée* fitoplazma epidemiológiájában (Carraro 2005).

Lefol et al. (1993) laboratóriumi kísérletekben képes volt több más rovar is megfertőzni ezzel a fitoplazmával (a növénypatogén fitoplazmák a rovarokban betegséget nem okoznak, még ha nyálmirigyeikben elszaporodnak is!), de azt nem voltak képesek igazolni, hogy ezek vektorként működne a szabadban. Így tehát végül is napjainkig a *S. titanus* kabócafaj maradt a *Flavescence dorée* (FD) fitoplazma egyetlen igazolt vektora.

A vektorkabóca a *Flavescence dorée* kórokozót több napig tartó, folyamatos táplálkozás során képes felvenni, ami általában 7–8, de néha csak 4 napot vesz igénybe. Ezután hosszú lappangási időszak következik, melynek során még nem képes a kórokozót terjesztetni, mert ez az idő szükséges a kórokozó elszaporodásához a rovar nyálmirigyeiben (Lefol et al. 1993). A látens időszak mintegy 38–42 nap, aminek elmúltával a rovar élete végéig terjesztetni fogja a kórokozót.

A kórokozót már a lárvák is képesek felvenni, így a legtöbb egyed az imágóvá vedlés után már fertőzőképes. A hímek hatásosabb vektorok, mint a nőstények, aminek magyarázata még nem ismeretes. Az imágók fertőzőképessége életük végéig megmarad, de a tojásokba és a következő generáció egyedeibe nem kerül át közvetlenül a kórokozó (Schvester et al. 1963), a következő évi nemzedék tehát csak akkor válik ismét vektorrá, ha az egyedek beteg szőlőnővényekből újra felveszik a kórokozót. A kórokozó fennmaradását a fertőzött szőlőtőkék biztosítják áttelelés során.

A tünetek legkorábban a fertőzést követő nyáron jelennek meg a tőkéken, ezért egy adott évben a tünetmentes növények száma nem ad hű képet az állomány valódi fertőzöttségéről. A *Flavescence dorée* fitoplazma egyrészt fertőzött szaporítóanyaggal, másrészt rovarvektor útján terjed. A hosszú távú terjedésért eddigi tapasztalatok szerint a fertőzött (ellenőrizetlen!) szaporítóanyagot terjesztő emberek a felelősek! A kórokozó ezért egyik kontinensről a másikra kizárólag fertőzött szaporítóanyaggal juthat el, és – a közeli szomszédságot leszámítva – csak ezen a módon terjedhet el egyik országból a másikba, vagy egyik tájkörzetből a másikba. Sajnos a fertőzött szaporítóanyag nem mindig ismerhető fel, és tünetmentes, viszont a fertőzött növény anyag alkalmas a kórokozó, sőt a vektorrovar (a kabóca tojásainak) terjesztésére is. Fertőzött körzetekből ezért szaporítóanyagot csak gondos mikrobiológiai, illetve molekuláris diagnosztikai, továbbá rovartani (kabóca tojások) ellenőrzés után szabad más területre átvinni!

Maga a vektorrovar csak a betegség kisebb távolságra ható, lokálisnak nevezhető terjedéséért felelős. Bár a *Scaphoideus titanus* számára kedvező körülmények között képes évente 5–10 km távolságra is eljuttatni a kórokozót, de ez a folyamat rendszerint csak az egy adott ültetvényre, vagy legfeljebb a szomszédos ültetvények területére terjed ki. Nagyon fontos azonban az, hogy a *Flavescence dorée* (FD) fitoplazma terjedése ültetvényeken belül, illetve szomszédos vagy közeli ültetvényre kiterjedően igen gyors lehet, ugyanis egy ültetvényen belül, illetve szomszédos táblákon a növényállomány néhány esztendő alatt teljesen megfertőződhet. Ezzel ellentétben a szőlősárgaságot okozó másik kórokozó, a szőlő fekete vesszőjűségét okozó *Bois noir* (BN) fitoplazma terjedése sokkal lassúbb, mert rovarvektora polifág természetű, és szőlőn csak ritkán táplálkozik.

A FLAVESCENCE DORÉE (FD) FITOPLAZMA BETEGSÉG TÜNETEI

A tünetek valamennyi szőlősárgaságot előidéző fitoplazma esetében hasonlóak, előfordulnak a virágon, bogyón, levélen és a vesszőn egyaránt. A vizuális azonosítás nehéz, a betegség felismerését több tünetegyüttes egyidejű jelenléte segíti. A különálló tünetek könnyen összetéveszthetők a vírusok vagy akár a hiánybetegségek által okozott tünetek-

kel. Egyértelmű azonosítás csak szerológiai vagy molekuláris módszerekkel lehetséges. Valamennyi *Vitis vinifera* szőlőfajta fogékony a *Flavescence dorée* (FD) fitoplazma betegségre, bár a tünetek megjelenése fajtánként eltérő lehet. Franciaországban és Olaszországban a legtöbb hagyományos és új fajta is egyaránt igen fogékony a betegségre.

Flavescence dorée (FD) fitoplazma tüneteinek pontos leírását először Caudwell (1965) és Belli *et al.* (1973) adta meg. A tünetek általában nyáron a legfeltűnőbbek, de a beteg növények csökkent növekedőképességükről és néha a hajtásképződés elmaradásáról már tavasztól kezdve felismerhetők. A tünetek vagy csak néhány hajtáson mutatkoznak vagy pedig az egész tőke mutathatja a tüneteket. A fertőzés tüneteiben azonban már tavasszal megfigyelhetők, késői rügyfakadás formájában. A nyáron jelentkező tipikus tünetek, a virágok és a bogyók fonnyadásában, a levelek elszíneződésében mutatkoznak (a fehér-szőlőfajták levelei sárgulnak, a kékszőlőfajták levelei pedig pirosodnak) és sodródnak. Augusztusban, illetve ősszel a rendellenes elfásodás következtében szomorúfűz jellegű növények figyelhetők meg. A fertőzött szőlőtövek göcszerű csoportokban találhatók, a megbetegedés ezekből az elsődleges forrásokból terjed tovább. A terjedésnek ez a módja alapvetően különbözik a szintén a szőlő sárgaságát okozó másik fitoplazma, a szőlő fekete vesszőjűsége (*Bois noir*, BN fitoplazma) terjedésének jellegétől, mert ez az ültetvényeken belül mindig egyenetlenül, szabálytalanul, foltszerűen és nagyon lassan terjed.

A hajtásokon a tünetek úgy mutatkoznak, hogy az érzékeny fajták hajtásai nem fásodnak, vékonyak és puhák lesznek, hajlékonyan csüngenek, törékenyek maradnak, a csücsi és oldalrügyeken nekrozis mutatkozik. A tél folyamán a nem fásodott hajtások megfeketednek és elhalnak. Ha a fertőzés a szezon későbbi szakaszában történik, az elfásodás megszakad. A későn fertőzött vesszők ugyan szintén megfeketednek télen, de nem halnak el, és tavasszal csak nagyon gyenge növekedésű hajtásokat fejlesztenek. Az ellenálló fajtákon az elfásodás elmaradása sokkal kisebb mértékű, nem terjed ki az egész hajtásra, hanem csak néhány internódiumra korlátozódik. A fogékony fajták beteg vesszőin számos fekete kelés mutatkozik. A nyár végére az erősen fertőzött vesszők alapi részén hosszirányú repedések keletkeznek a kéregrészen.

A leveleken leginkább rendellenes elszíneződés és a levéllemez széleinek lehajlása mutatkozik. A fehér bogyójú fajtákon sárga elszíneződés mutatkozik a levéllemez napsütésnek kitett részein, ami fémes csillogást kölcsönöz a levélfelületnek. A szezon későbbi részében határozott, néhány mm átmérőjű, kénsárga foltok jelennek meg a főerek mentén. A foltok később kiterjednek és folyamatos, sárga szalagokat képeznek a főerek mentén. Ezek végül a levélfelület legnagyobb részére kiterjednek. A kékszőlőfajtákon hasonló foltok keletkeznek a leveleken, de az elszíneződés nem sárga, hanem vöröses. Az elszíneződő felület középső régiója nekrotizál és elhal. Ezek a merev, törékeny levelek gyakran letöredeznek a szélben, de a fagyoknak jobban ellenállnak, mint az egészségesek és később hullanak le. A fürtökön és a bogyókon is láthatók a megbetegedés tünetei. Korai fertőzés miatt csökken a bogyókötődés, a virágzat gyakran teljesen vagy legalább részben elhal és az elhalt fürtkezdemények lehullanak. Későbbi fertőzés nyomán a fürt elbarnul, a bogyók összeaszalódnak, majd elhalnak, a kocsány beteg részei és az egész fürt vagy egy része lehullik. Egyes fajtáknál a bogyók a legkisebb behatásra peregnek.

A *FLAVESCENCE DORÉE* (FD) FITOPLAZMA KÁRTÉTELI JELENTŐSÉGE ÉS A VÉDEKEZÉS LEHETŐSÉGEI

Ahol nem gátolják a *Flavescence dorée* (FD) fitoplazma terjedését, katasztrófális kártételi következményekkel kell számolni. Franciaországban például Armagnac és Chalosse megyében 1949 és 1954 között minden Baco 22A fajtájú szőlőültetvény megfertőződött. A megbetegedés áttekint és hasonlóan gyors ütemben terjedt a *Chardonnay*, *Pinot blanc* ültetvényekben és más fogékony fajták ültetvényeiben is (Refatti *et al.* 1992). Gazdasági jelentőségét tekintve a *Bois noir* (BN) fitoplazma és néhány szőlőszárgulást kiváltó más kórokozó jelentősége is eltörpül a *Flavescence dorée* (FD) fitoplazmáé mellett, mert ezek terjedése lassú és sporadikus, míg a *Flavescence dorée* (FD) fitoplazma terjedése gyors és járványszerű. A *Flavescence dorée* (FD) fitoplazma ezért határozottan komoly, negatív hatással van a szőlőtermesztésre a fertőzött régiókban (Magaray és Wachtel 1986, Credi *et al.* 1987).

A *Flavescence dorée* (FD) fitoplazma ellen közvetlen védekezési módszer nem áll rendelkezésre, mivel a fertőzött növények nem gyógyíthatók. A védekezés szempontjából különös fontosságú a vektorok jelenlétének időbeli felismerése és a fitoplazma azonosítása. A védekezés alapvető lehetőségét a megelőzés jelenti, vagyis nagyon fontos az egészséges, kórokozótól mentes szaporítóanyag telepítése (Caudwell 1965). Ha a betegség már megjelent egy ültetvényben, akkor csak közvetett védekezési eljárásokkal korlátozható a terjedése. Ilyen közvetett eljárás a vektorkabóca (*Scaphoideus titanus*) egyedszámának korlátozása rovarölő szerek kezelésekkkel (Caudwell *et al.* 1972), valamint valamennyi fertőzött termesztett és vadon termő szőlő eltávolítása, megsemmisítése (elégetéssel). A kabóca irtása peszticidekkel az áttelelő tojásállapot idején és a tavaszi lárvakelés idején a leghatásosabb.

Ma már jól ismert az európai szőlő (*Vitis vinifera*) fajtáinak eltérő érzékenysége a kórokozóval szemben. Egyes fajták bizonyos mértékű tűrőképességgel rendelkeznek, képesek kiheverni az egy évvel korábbi fertőzés káros tüneteit.

Karantén intézkedések: Az EPPO (OEPP/EPPO 1990, EPPO/CABI 1992) karatén intézkedéseket javasol a kórokozó további elterjedésének akadályozására Európában:

- (1) Elengedhetetlen a szőlőszaporítóanyag-telepek mentességének folyamatos ellenőrzése és mentességének fenntartása, ettől a kórokozótól.
- (2) Szaporító anyagot csak olyan területről szabad gyűjteni, amely terület mentes ettől a kórokozótól.
- (3) Ha ez nem lehetséges, alternatív megoldásként az anyatöveket figyelemmel kell kísérni a vegetációs időszak folyamán és különleges gondossággal kell védeni a vektorrovar támadásával szemben.
- (4) Egy EPPO igazolási séma (certification scheme) is a szőlőtermesztők rendelkezésére áll (OEPP/EPPO 1994), ami fitoplazmamentes szaporítóanyagokhoz nagyfokú biztonságot nyújthat.

A vektorrovar elleni védelem a következő rendszabályokkal érhető el (Caudwell és Martelli 1992):

- (i) a lemetezett vesszőkben lévő tojások elpusztítása, egyrészt a nyesedék gondos elégetése révén, másrészt parathiontartalmú olajos lemosó permetezéssel a rügyfakadás előtt,
- (ii) egy vagy két rovarölő szeres permetezés a lárvák ellen, 30 és 45 nappal az első lárvakelés időpontját követően, majd további kezelések az imágók ellen.

Egyes vizsgálatok szerint a nyugalmi állapotban levő szaporító vesszők fitoplazma-fertőzöttsége megszüntethető melegvizes kezeléssel, amennyiben a nyugalmi állapotban lévő (tárolt) szaporító vesszőket 3 órán keresztül 45 °C, vagy pedig 40–60 percig 50 °C hőmérsékletű vízfürdőben tartjuk, külön erre a célra készített berendezésben (Caudwell et al. 1997, Borgo et al. 1999). Ennek a módszernek a megbízhatóságát azonban karantén szempontból még nem ellenőrizték és nem igazolták.

A VEKTORROVAR: *SCAPHOIDEUS TITANUS* (BALL 1932)

A kórokozó vektora a *Scaphoideus titanus* a valódi kabócák rendjén belül (*Auchenorrhyncha*) a mezei kabócák családjába tartozik (*Cicadellidae*). Ez Európában igen nagy fajszámmal reprezentált rovarcsalád, de a *Scaphoideus* Uhler 1889 génusz Európában nem ismert. Maga a génusz észak-amerikai eredetű, ahol számos faja él (Barnett 1976). A *Scaphoideus titanus* kabócát Észak-Amerikából szőlő szaporítóanyaggal véletlenül hurcolták be Európába (Caudwell és Dalmasso 1985).

Leírása: Az imágó karcsú testű, alapszíne mogyoróbarna, 4,8–5,2 mm (hím) vagy 5,5–6,0 mm (nőstény). A fej határozottan háromszögű, hasonlóan széles, mint a tor, valamivel hosszabb a szélességénél. Az összetett szemek között a homlokon 3–4 fekete harántsáv van és egy széles, vörösbarna folt a fejtetőn. A toron két vörösbarna harántsáv van, egyik a pronótumon, a másik a mezonótumon. Az elülső (felső) szárny mogyoróbarna, csúcsa fekete, a coriumon és a clavuson fehér folt van. Magyarországon ragacsos színcsapdával gyűjtött példány fotóját a 2. ábrán láthatják.

A tojás vese alakú, oldalról kissé lapított, 1,3 mm hosszú, 0,3 mm széles. A csúcsa vége orsószerű, a kaudális pólus lekerekítet. Felülete (a chorion) sima, színe a felszín közelében fehéres, mélyebb rétegeiben viszont krémsárga színű.

A lárvák (nimfák) karcsú testűek, öt lárvastádiumon át fejlődik imágóvá. Az utolsó két stádium szárnykezdeményekkel rendelkezik (nimfa). Az első két-három lárvafokozat krémsárga színű, fehér lábakkal, testméretük 1,5–4,5 mm. Az utolsó két lárvastádium (nimfa) 4,3–5,2 mm méretű, színezete sárga, okkeres szárnycsontokkal és okkeres folttal a nótumon. A test dorzoleterális felületén minden stádiumnál két háromszög alakú, fekete folt van. Az utolsó fokozat potrohának hátoldalán fekete foltot visel.

Életmódja: A kabóca fejlődésmenetével és a *Flavescence dorée* (FD) fitoplazma átviteli képességével, valamint az ellene való védekezési lehetőségekkel számos szakirodalmi cikk foglalkozik (Giustina et al. 1992, Lessio et al. 2003, Lucchi et al. 2000, Osti et al.

2000, Santini és Lucchi 1998). A fitoplazmát a rovar nyálmirigyéből szerológiai módszerrel (ELISA) és molekuláris módszerrel (PCR) is sikerült kimutatni, valamint az átviteli kísérletek is az átvitel lehetőségét bizonyítják (Boudon-Padieu *et al.* 1989, Carraro *et al.* 1994, Mori *et al.* 2002).



2. ábra *Scaphoideus titanus* Ball imágó zöldessárga ragadós csapdában
(Nagyrada, 2010. 08. 17.) (Fotó: Kőrös Tamás)

Figure 2. *Scaphoideus titanus* Ball adult in a greenish-yellow sticky trap
(Nagyrada, 2010. 08. 17., Hungary)

A kabócának Délkelet-Franciaországban évente egy nemzedéke fejlődik. Tojásait a szőlő másodéves részének kéregrepedéseiben helyezi el. A lárvák májusban kelnek, május közepétől július közepéig találhatók a szőlőültetvényekben. A fejlett lárvák július végétől kezdve vedlenek imágóvá. Az imágók júliustól szeptember közepéig aktívak. Zsolnai (2009) tanulmányozta a vektorkabóca hazai fejlődésmenetét. Nevelési kísérletek és szabadföldi megfigyelések adatait a külföldi adatokkal összevetve megállapította, hogy a kártevő hazai életmódja nem tér el a külföldi tapasztalatoktól.

A kabóca napi ritmusára jellemző, hogy aktivitása a kora délutáni órákban kezdődik, az esti, illetve az éjszakai órákban folytatódik, majd a korareggeli órákban zárul (Lessio és Alma 2004). Ez nagy nedvesséigényét bizonyítja, hiszen a legalacsonyabb relatív nedvességtartamú, nappali órákban aktivitása gyakorlatilag szünetel.

Nagyon fontos és érdekes az a felfedezés, hogy a *Flavescence dorée* (FD) fitoplazma kedvezőtlen hatást fejt ki a vektorrovarra, mert csökkenti a rovar élettartamát és fekunditását (Bressan *et al.* 2005). Ez nagyon különös, mert a rovarok által terjesztett, növénybetegséget okozó vírusok és mikoplazmák mai tudásunk szerint nincsenek hatással a vektorszerepet betöltő rovarra. A *Flavescence dorée* (FD) fitoplazma és a *Scaphoideus titanus* kabóca-faj esetében ezt a különös helyzetet azzal magyarázzák (Bressan *et al.* 2005), hogy a vektorrovar és a fitoplazma co-evolúciója csak nagyon rövid időre nyúlik vissza, hiszen

ez a rovar észak-amerikai származású és csak néhány évtizede hurcolták be Európába, ugyanakkor a *Flavescence dorée* (FD) fitoplazma nem Amerikából származik (ott a mai napig ismeretlen), hanem nagy valószínűséggel európai eredetű.

Tápnövénye: Őshazájában, Észak-Amerikában a *Scaphoideus titanus* számos fásszárú növényen tömegesen, legfőképpen a termesztett és a vadonélő szőlő (*Vitis*) fajokon él (Barnett 1976), és Európában is kizárólag a szőlőhöz (*Vitis vinifera*) ragaszkodik (Alma és Conti 2004), habár a kabóca kifejlett imágóit szőlőültetvények közelében nagyritkán iszalagon is (*Clematis vitalba*) megtalálni.

Terjedése és elterjedése Európában: A *Scaphoideus titanus* kabócát Észak-Amerikából szőlő szaporítóanyaggal, tojás alakban hurcolták be Európába (Vidano 1966). Miután Franciaországból elérte a kontinens nyugati partvidékét, azóta kelet felé terjed (Mazzoni et al. 2005). A *Scaphoideus titanus* valamennyi olyan európai országban megtalálható, ahol a *Flavescence dorée* fitoplazma előfordul, így Franciaországban (Bonfils és Schvester 1960), Olaszországban (Vidano 1964, Lessio et al. 2007), Spanyolországban (Batlle et al. 2000), Portugáliában (Quartau et al. 2001), Németországban (Maixner 2005) és Szerbiában (Magud és Tosevski 2004). Ezen kívül számos olyan országban is megtalálták, ahol ez idáig a *Flavescence dorée* (FD) fitoplazmát még nem sikerült kimutatni: Svájc (Gugerli et al. 2006), Horvátország (Lessio és Alma 2004), Szlovénia (Seljak 2008) és Ausztria (Baggiolini et al. 1968, Gabrijel 1987, Seljak et al. 2003, Seljak 2004, Zeisner 2005). A kabóca az USA New York államában európai szőlőn és amerikai parti szőlőn is (*Vitis vinifera*, *V. riparia*) megtalálható (Maixner et al. 1993).

Hazai megtelepedése, előfordulása és terjedése: Ezt az Európába behurcolt kabócafajt eddig négy Magyarországgal szomszédos országban mutatták ki: Szlovéniában (Seljak 2002, 2008), Szerbiában (Magud és Toševski 2004), Horvátországban (Budinšak et al. 2005) és Ausztriában (Zeisner 2005).

Szerbiában szinte az ország minden körzetében kimutatták, beleértve a horvátországi, magyarországi és romániai határhoz közeli területeket (Krnjajić et al. 2007). Jelentős létszámú populációkat találtak szőlőültetvényekben és elvadult szőlőállományokban is. Krnjajić et al. (2007) azt tapasztalták, hogy nemcsak a vektor, hanem a *Flavescence dorée* kórokozó is előfordult a vizsgált területeken, a tüneteket mutató növények aránya 10 és 100% között változott, míg a vektorrovar megvizsgált egyedeinek fertőzöttségi szintje csak 12,5% volt. Szlovéniában 1983 óta ismerik a *Scaphoideus titanus* előfordulását, az ország délnyugati vidékein (Seljak 2008). A *Flavescence dorée* terjesztésében betöltött szerepe miatt 2002 óta rendszeresen figyelik az előfordulását az ország más körzeteiben is. 2003-ban már Szlovénia keleti részein is megtalálták, és a következő évben gyors terjedését figyelték meg Szlovénia egész szubpannon régiójában. Terjedését Ausztriával és Horvátországgal határos vidékeken is kimutatták. Szlovéniában 2005-ben már a betegség, a *Flavescence dorée* felbukkanását is megállapították (Seljak 2008).

Magyarország területén elsőként Dér és munkatársai találták meg, a 2006. esztendőben (Dér et al. 2007). Az első hazai lelőhely a Dél-Dunántúlon, Csurgó mellett (Somogy megye) volt. Még ugyanabban az évben megtalálták Bács-Kiskun és Zala megye déli részén is (Zsolnai et al. 2007). Legnagyobb számban a Szerbiával határos déli területen észlelték,

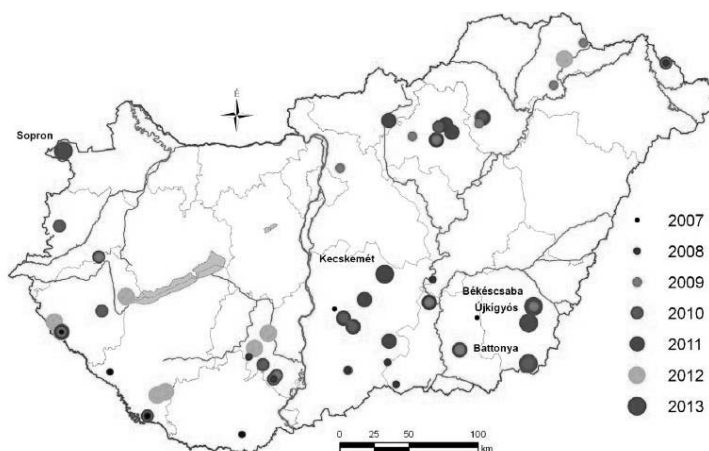
szőlőültetvényekben. Ebből arra következtettek, hogy hazai megjelenése nem behurcolás, hanem a faj természetes terjedésének következménye, a tőlünk délre fekvő, korábban már benépesített, külföldi tájegységekből. Terjedését elősegíthette az adott esztendő meleg és száraz időjárása. A szeptember környéki szemlék során számos nőtényt is találtak. *Zsolnai et al.* (2007) véleménye szerint a hazai éghajlati viszonyok a faj átteleléséhez kedvezőek. *Dér et al.* (2007) az első imágókat július elején kihelyezett sárga, ragacsos csapdákban találták meg, az utolsó fogást pedig szeptemberben tapasztalták. Az imágókon kívül a levelek fonákán megfigyeltek levedlett lárvabőröket is. Júliusban és augusztusban hímek és nőtények egyaránt gyakoriak voltak, szeptemberben viszont nőtények voltak nagyobb létszámban, amelyek véleményük szerint kezdték lerakni tojásaikat. Molekuláris elemzési módszerekkel ellenőrizték, hogy a kórokozó (a *Flavescence dorée*, vagyis az FD fitoplazma) előfordul-e a vektor kabócákban, vagy a szőlő leveleiben, és megállapították, hogy a vektor is és a megvizsgált szőlőnövények is mentesek voltak a kórokozótól!

A felderítést a következő években még nagyobb erővel folytatták, aminek eredményeiről *Orosz és Zsolnai* (2009, 2010) számolt be. 2007-ben négy, dél-magyarországi szőlőtermesztő megyében találták meg ezt a kabócát: Baranya megye (Nagytótfalu), Bács-Kiskun megye (Jánoshalma), Csongrád megye (Ásotthalom), Somogy megye (Csurgó és Barcs) és Zala megye (Csörnyeföld). 2008-ban már hét megyében mutatták ki a vektorkabócát: Baranya megye (Nagytótfalu), Bács-Kiskun megye (Akasztó, Jánoshalma), Csongrád megye (Ásotthalom, Pusztamérges), Szabolcs-Szatmár megye (Barabás), Szolnok megye (Tiszakürt), Somogy megye (Csurgó, Barcs) és Tolna megye (Kisvejke, Mórág). Az adatok tehát az új kártevő terjedéséről árulkodnak. Azóta az ország további körzeteiben találták meg.

Egy osztrák-magyar kutatás-fejlesztési projekt (Ecowin), továbbá egy hasonló szlovák-magyar projekt (Istervin) keretében a Dunántúl északnyugati és északi körzetében több szőlőtermesztő vidéken rendszeres kutatásokat végeztünk a vektorkabóca felderítésére. Munkánk során 2010-ben mi is megtaláltuk ezt a kártevőt Zala megyében (Nagyrada), és a korábbiakhoz képest egy újabb körzetben, Vas megyében (Kőszeg) is (*Benedek leközletlen*). Nagyradán a következő, 2011. és 2012. években rohamosan nőtt a kabóca egyedszáma, míg Kőszeg mellett vizsgálatunk 3 éve alatt (2010–2012) csak kis egyedszámban észleltük. Fontos, hogy Győr-Moson-Sopron megyében, Balf, Pannonhalma, Győrújbarát körzetében, továbbá Komárom-Esztergom és Pest megyében Tata, Dunaszentmiklós, Kesztyölc és Budajenő határában a nyári és kora őszi időszakokra kiterjedő rendszeres csapdázás ellenére valamennyi vizsgálatba vont szőlőültetvény fertőzésmentesnek bizonyult.

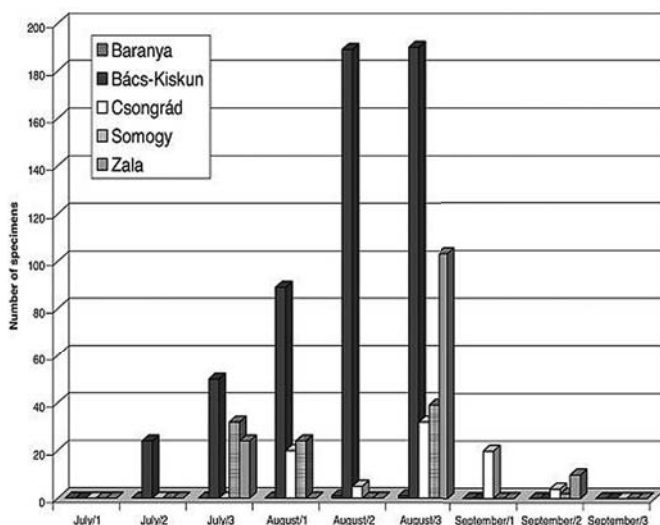
Látható, hogy a kabóca legtöbb lelőhelye az ország déli vidékein található, de a Borsod, Szabolcs-Szatmár, valamint Vas megyei előfordulás arra figyelmeztet, hogy a faj terjedése folytatódik. Jelenleg már csak Győr-Sopron-Moson megye nagy része, Veszprém, Komárom, Fejér megye és Pest megye dunántúli körzetei, továbbá Hajdú megye tekinthető mentesnek (3. ábra), de biztosak lehetünk abban, hogy a kabóca a következő években ezekben a körzetekre is megleptszik majd.

Orosz és Zsolnai (2010) adataiból megállapítható, hogy a kabóca szezonális előfordulására júliustól szeptemberig tartó aktivitás jellemző, amelynek csúcsidezőszaka augusztusra esik (4. ábra).



3. ábra A *Scaphoideus titanus* Ball ismert lelőhelyei Magyarországon (Orosz és Zsolnai 2010, valamint NÉBIH 2013 adatai szerint, saját vizsgálati eredményekkel kiegészítve)

Figure 3. Distribution (detected localities) of *Scaphoideus titanus* Ball in Hungary (after Orosz and Zsolnai 2010, as detected from 2006–2008, added with new data of the NÉBIH and of the author from 2010–2013)



4. ábra A *Scaphoideus titanus* Ball szezonális dinamikája sárga, ragacos csapdák fogásai eredményei szerint, 2007-ben (Orosz és Zsolnai 2010 nyomán)

Figure 4. Seasonal flight period of *Scaphoideus titanus* Ball in Hungary based on sticky trap captures in 2007, in counties Baranya, Bács-Kiskun, Csongrád, Somogy and Zala (after Orosz and Zsolnai 2010)

KÖVETKEZTETÉSEK

A fentiekből világosan látható, hogy a hazai szőlőtermesztésre nagy veszélyt jelent a *Flavescence dorée* (FD) fitoplazma. Hazánkban ugyanis már megtelepedett és terjedőben van a betegség vektora, a *Scaphoideus titanus* kabócafaj, és az ország két pontján már a kórokozó fitoplazmát is kimutatták. A Zala megyei előfordulás (Kerkateskánd) nagy valószínűséggel a vektorkabócák révén keletkezett, a közvetlenül határos, szlovéniai körzet fertőzött szőlőültetvényeiből. A badacsonytomaji előfordulás eredete azonban kérdéses (nincs kizárva, hogy inkább fertőzött szaporítóanyagtól származhat).

Ez a fitoplazma a szőlő gyors és súlyos leromlását idézi elő, és vektora révén – ami a szőlőn monofág rovarnak számít – a fertőzött ültetvényeken belül járványos gyorsasággal terjedhet, néhány év alatt a teljes ültetvényt megbetegítve. A vektorkabóca aktivitása miatt a fertőzött ültetvények környékén a szomszédos szőlőültetvények is ugyanilyen nagy veszélyben vannak.

A szőlő aranyszínű sárgaságot okozó fitoplazma (*Flavescence dorée* (FD) fitoplazma) országos szétterjedése azonban elsősorban ellenőrizetlen, fertőzött szaporítóanyaggal („zsebimporttal”) való széthurcolás útján fenyeget. Sajnálatos, hogy Magyarországon a termesztők sok, részben külföldi származású, ellenőrizetlen szaporítóanyagot is felhasználnak. Ennélfogva nagy veszélyt jelent a nem ellenőrzött (nem certifikált) szaporító telepekről származó, ellenőrizetlen eredetű szaporítóanyag felhasználása. Erre tekintettel a szőlőtermesztő szakembereknek mindent meg kell tenni azért, hogy a *Flavescence dorée* széthurcolása szaporítóanyaggal elkerülhető legyen. Nélkülözhetetlen feltétel az, hogy *Flavescence dorée* (FD) fitoplazmával fertőzött országokból (pl. Franciaország, Olaszország, Szerbia, Szlovénia stb.) szőlő szaporítóanyagot kizárólag akkor hozzanak be Magyarországra, ha előzőleg precízen ellenőrizték, és így tökéletes biztonsággal garantálható a behozandó növényanyag mentessége ettől a kórokozótól. Hazai forrásból is csak ellenőrzött, igazoltan fertőzésmentes telepekről származó oltványokat szabad eltelepíteni. A széthurcolás elkerülése tehát a szőlőtermesztő szakemberek felelőssége!

**Risk of a spreading a dangerous new grapevine disease,
Flavescence dorée (FD) phytoplasma, and the distribution
of its leafhopper vector (*Scaphoideus titanus* Ball) in Hungary**

PÁL BENEDEK

University of West Hungary
Faculty of Agricultural and Food Sciences
Institute of Environmental Sciences
Zoology Department
Mosonmagyaróvár

SUMMARY

The *Flavescence dorée* (FD) phytoplasma is a dangerous new grapevine disease in Europe. It is transmitted by a leafhopper vector (*Scaphoideus titanus* Ball) having been introduced to Europe from North America. This is a specialist plant feeding insect on grapevine (*Vitis*) species. As a consequence of its very close relation to its food plant the spread of the disease can be resulted in a very fast epidemics inside the infected vineyards in those regions where both the pathogen and its vector are present. In Hungary the pathogen has only been detected at two limited place in the western part of the country. The leafhopper vector, on the other hand, has invaded the major areas in Hungary. Accordingly it is vitally important to prevent introducing and spreading the new pathogen with infested propagation plant material throughout the country. This is the responsibility of vine grape growers dealing with propagating grapevine cultivars. This paper has been a review on world literature on the geographical distribution, life cycle, epidemiology, symptomatology, morphology of the disease and/or its leafhopper vector. A short outline is also given on the proposed quarantine measures to prevent disease incidence and on the methods to control the insect vector.

Kulcsszavak: *Flavescens dorée* (FD) phytoplasma, symptomatology, epidemiology, damage, *Scaphoideus titanus*, life cycle, distribution, preventing disease incidence, control of leafhopper vector.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Ez a tanulmány az „Ecowin – Természetvédelem a szőlőtermesztés ökológizálásán keresztül (Naturschutz durch Ökologisierung in Weinbau)” EU kutatás-fejlesztési projekt (L00083) támogatásával készült, amiért a szerző köszönetét fejezi ki.

IRODALOM

- Anonym (1997): Grapevine flavescence dorée phytoplasma. In: *Smith, I. M., McNamara, D. G., Scott, P. R., Holderness, M.* (eds.): *Quarantine pests for Europe*. CABI INTERNATIONAL, Wallingford, UK. 1013–1021.
- Alma, A. – Conti, M. (2004): Vettori dei fitoplasmi della vite. La Vite – Convegno Nazionale, Torino. **2–3**, (12) 1–5.
- Arnaud, G. – Malembic-Maher, S. – Salar, P. – Foissac, X. – Boudon-Padieu, E. (2006): Map gene as a new non ribosomal marker to study the molecular variability of grapevine yellows and related phytoplasmas from group 16srV in Europe. Extended abstracts 15th Meeting ICVG, Stellenbosch, South Africa, 3–7 April 2006.
- Baggiolini, M. – Canevascini, V. – Caccia, R. – Tencalla, Y. – Sobrio, G. (1968): Présence dans le vignoble du tessin d'une cicadelle néartique nouvelle pour la Suisse, *Scaphoideus littoralis* Ball. (*Homoptera: Jassidae*), vecteur possible de la Flavescence dorée. *Mitt.Schwei.Entomol.Gesell.* **60**, 270–275.
- Barnett, D. E. (1976): Revision of the Nearctic species of the genus *Scaphoideus* (*Homoptera: Cicadellidae*). *Trans. Amer. Ent. Soc.* **102**, 485–593.
- Batlle, A. – Larrue, J. – Clari, D. – Daire, X. – Boudon-Padieu, E. – Lavina, A. (1995): Identification of the phytoplasma associated with bois noir in Spain. *Phytoma-Espana*. No. **68**, 40–44.
- Batlle, A. – Martínez, M. A. – Laviña, A. (2000): Occurrence, distribution and epidemiology of grapevine yellows in Spain. *Eur. J. Plant Pathol.* **106**, 811–816.
- Belli, G. – Fortusini, A. – Osler, R. – Amici, A. (1973): Presence of flavescence dorée-like symptoms in the vineyards of Oltrepèpavese. *Rivista di Patologia Vegetale*. **9**, 50–56.
- Belli, G. – Fortusini, A. – Rui, D. (1985): Recent spread of *Flavescence dorée* and its vector in vineyards of Northern Italy. *Phytopath. Medit.* **24**, 189–191.
- Bertaccini, A. – Vibio, M. – Stefani, E. (1995): Detection and molecular characterization of phytoplasmas infecting grapevine in Liguria (Italy). *Phytopathologia mediterranea*. **34**, 137–141.
- Bianco, P. A. – Davis, R. E. – Casati, P. – Fortusini, A. (1996): Prevalence of aster yellows (AY) and elm yellows (EY) group phytoplasmas in symptomatic grapevines in three areas of northern Italy. *Vitis*. **35**, (4) 195–199.
- Borgo, M. – Angelini, E. – Fillipin, L. – Botti, S. – Marzachi, C. – Casati, P. – Quaglino, F. – Zorloni, A. – Albanese, G. – LaRosa, R. – Pasquini, G. – Bertaccini, A. (2005): Monitoring of grapevine yellows and molecular characterization of associated phytoplasmas in "GIA.VI" project during 2004. *Petria*: 15.
- Borgo, M. – Murari, E. – Sartori, S. – Zanzotto, A. – Sancassani, P. – Bertaccini, A. (1999): Termoterapia per eliminare i fitoplasmi da vite. *L'Informatore Agrario*. **24**, 47–51.
- Bonfils, J. – Schvester, D. (1960): Les cicadelles (*Homoptera: Auchenorrhyncha*) dans leurs rapports avec la vigne dans le Sud-Ouest de la France. *Ann. Epiphyties*. **3**, 325–336.
- Boudon-Padieu, E. (2003): The situation of grapevine yellows and current research directions: Distribution, diversity, vectors, diffusion and control. Extended Abstracts 14th Meeting of the ICVG, September 12–17, 2003, Locorotondo (Bari), Italy, 47–53.
- Boudon-Padieu, E. (2005): Phytoplasmas associated to grapevine yellows and potential vectors. *Bulletin OIV*. **79**, 311–320.
- Boudon-Padieu, E. – Larrue, J. – Caudwell, A. (1989): ELISA and dot-blot detection of flavescence dorée MLO in individual leafhopper vectors during latency and inoculative state. *Current Microbiology*. **19**, 357–364.
- Bovey, R. – Martelli, G. P. (1992): Directory of major virus and virus-like diseases of grapevines. Description, historical review and bibliography. Mediterranean Fruit Crop Improvement Council and International Council for the Study of Viruses and Virus-like Diseases of the grapevine. Imprimerie FINZI, Tunis, June. 86–106.
- Bressan, A. – Girolami, V. – Boudon-Padieu, E. (2005): Reduced fitness of the leafhopper vector *Scaphoideus titanus* exposed to Flavescence dorée phytoplasma. *Entomologia Experimentalis et Applicata*. **115**, 283–290.

- Budinšak, Ž. – Križanac, I. – Mikec, I. – Seljak, G. – Škori, D. (2005): New phytoplasma vector of grapevine in Croatia. *Glasilo biljne zaštite*. **5**, 240–245.
- Carraro, L. (2005): Flavescenza dorata: Epidemiologia della flavescenza dorata della vite. In: A. Bertaccini Braccini, P. (Ed.), *Flavescenza dorata e altri giallumi della vite in Toscana e in Italia*. ARSIA, Firenze. 81–83.
- Carraro, L. – Loi, N. – Kuszala, C. – Clair, D. – Boudon-Padieu, E. – Refatti, E. (1994): On the ability-inability of *Scaphoideus titanus* to transmit different grapevine yellow agents. *Vitis*. **33**, 231–234.
- Caudwell, A. (1965): La biologie de la Flavescence dorée et les fondements des mesures préventives. *Bul. Techn. d'Inf. Serv. Agr.* **198**, 377–388.
- Caudwell, A. (1990): Epidemiology and characterization of flavescence doree (FD) and other grapevine yellows. *Agronomie*. **10**, 655–663.
- Caudwell, A. – Boudon-Padieu, E. – Kuszala, C. – Larrue, J. (1987): Biologie et étiologie de la flavescence dorée. Recherches sur son diagnostic et sur les méthodes de lutte. *Atti del Convegno sulla flavescenza dorata delle vite*, Vicenza-Verona. **1987**, 175–203.
- Caudwell, A. – Brun, P. – Fleury, A. – Larrue, J. (1972): Les traitements ovicides contre la cicadelle vectrice, leur intérêt dans la lutte contre la Flavescence dorée en Corse et dans les autres régions. *Vignes et Vins*. **214**, 5–10.
- Caudwell, A. – Dalmasso, A. (1985): Epidemiology and vectors of grapevine viruses and yellows diseases. *Phytopathologia Mediterranea*. **24**, 170–176.
- Caudwell, A. – Gianotti, J. – Kuszala, C. – Larrue, J. (1971): Etude du rôle de particules de type „Mycoplasme” dans l'étiologie de la Flavescence dorée de la Vigne. Examen cytologique des plantes malades et des cicadelles infectieuses. *Ann. Phytopathol.* **3**, (1) 107–123.
- Caudwell, A. – Larrue, J. – Boudon-Padieu, E. – McLean, G. D. (1997): Flavescence dorée elimination from dormant wood of grapevines by hot-water treatment. *Australian Journal of Grape and Wine Research*. **3**, 21–25.
- Caudwell, A. – Larrue, J. – Tassart, V. (1994): Caractère porteur de la flavescence dorée chez les vignes porte-greffes, en particulier le 3309 Couderc et le Fercal. *Agronomie*. **2**, 83–94.
- Caudwell, A. – Martelli, G. P. (1992): *Flavescence dorée*. In: *Detection and diagnosis of graft-transmissible diseases of grapevines* (Ed. by Martelli, G. P.). FAO, Rome, Italy.
- Cazelles, O. – Kuszala, C. (1993): Survey for grapevine yellows in Suisse romande and in Ticino and comparison with flavescence dorée by ELISA. *Revue Suisse de Viticulture, Arboriculture, Horticulture*. **25**, 257–259.
- Credi, R. – Babini, A. R. – Petrini, C. (1987): Further observations on a disease of grapevine resembling flavescence dorée in Emilia-Romagna. *Atti del Convegno sulla flavescenza dorata della vite*, Vicenza-Verona. **1987**, 141–148.
- CABI – EPPO (1996): Data Sheets on Quarantine Pests: Grapevine flavescence dorée phytoplasma. Prepared by CABI and EPPO for the EU under Contract 90/399003: 1–9.
- Dancsházy Zs. – Szőnyegi S. (2014): A *Flavescence doreé* (FD) fitoplazma 'Candidatus Phytoplasma vitis' jelenlegi helyzete Magyarországon. *Agrofórum extra* **56**. (2014. április): 46–50.
- Descoins, M. (1995): [Flavescence dorée - the battle in Corbières]. *Phytoma*. No. **477**, 26–28.
- Daire, X. – Clair, D. – Larrue, J. – Boudon-Padieu, E. (1997a): Survey for grapevine yellows in diverse European countries and Israel. *Vitis*. **36**, 53–54.
- Daire, X. – Clair, D. – Reinert, W. – Boudon-Padieu E. (1997b): Detection and differentiation of grapevine yellows phytoplasmas belonging to the elm yellows group and to the stolbur subgroup by PCR amplification of non-ribosomal DNA. *Eur. J. Plant Pathol.* **103**, 507–514.
- Dér Zs. – Koczor S. – Zsolnai B. – Ember I. – Kölber, M. – Bertaccini, A. – Alma, A. (2007): *Scaphoideus titanus* identified in Hungary. *Bulletin of Insectology*. **60**, (2) 199–200.
- Duduk, B. – Ivanovic, M. – Dukic, N. – Botti, S. – Bertaccini, A. (2003): First report of an Elm yellows subgroup 16SrV-C phytoplasma infecting grapevine in Serbia. *Plant Disease*. **87**, 559.
- Dula B-né (2014): Új, nagy kihívás a szőlőtermesztők előtt a szőlő aranyszínű sárgaság leküzdése Magyarországon. *Agrofórum extra* **56**. (2014. április): 52–59.
- EPPO/CABI (1992): Grapevine flavescence dorée MLO. In: *Quarantine pests for Europe* (Ed. by Smith, I. M., McNamara, D. G., Scott, P. R., Harris, K. M.). CAB International, Wallingford, UK.

- Gabrijel, S. (1987): *Scaphoideus titanus* Ball (= *S. littoralis* Ball) a new pest of grapevine in Yugoslavia. *Zastita Bilja*. **38**, 349–357.
- Gera, A. – Mawassi, M. – Zeidan, M. – Spiegel, S. – Bar-Joseph, M. (2005): An isolate of 'Candidatus Phytoplasma australiense' group associated with Nivun Haamir dieback disease of papaya in Israel. *Plant Pathology*. **54**, (4) 560.
- Giustina, D. W. – Hogrel, R. – Giustina, D. M. (1992): Description des différents stades larvaires de *Scaphoideus titanus* Ball (Homoptera, Cicadellidae). *Bull. Soc. Ent. Fr.* **97**, (3) 269–276.
- Gugerli, P. – Besse, S. – Colombi, L. – Ramel, M. E. – Rigotti, S. – Cazelles, E. (2006): First outbreak of Flavescence dorée (FD) in Swiss vineyards. Extended abstracts 15th Meeting ICVG, Stellenbosch, South Africa, 3–7 April 2006.
- Krnjajić, S. – Mitrović, M. – Cvrković, T. – Jović, J. – Petrović, A. – Forte, V. – Angelini, E. – Toševski, I. (2007): Occurrence and distribution of *Scaphoideus titanus* in multiple outbreaks of "flavescence dorée" in Serbia. *Bulletin of Insectology*. **60**, (2) 197–198.
- Lee, I. M. – Davis, R. E. – Gundersen-Rindal, D. E. (2000): Phytoplasma: Phytopathogenic mollicutes. *Annu. Rev. Microbiol.* **54**, 221–255.
- Lefol, C. – Lherminier, J. – Boudon-Padieu, E. – Meignoz, R. – Larrue, J. – Louis, C. – Roche, A. C. – Caudwell, A. (1994): Presence of attachment sites for recognition between the *Flavescence dorée* MLO and its leafhopper vector. *IOM Letters*. **3**, 282–283.
- Lefol, C. – Caudwell, A. – Lherminier, J. – Larrue, J. (1993): Attachment of the Flavescence dorée Pathogen (MLO) to leafhopper vectors and other insects. *Ann. Appl. Biol.* **123**, 611–622.
- Leitner, G. (2004): Phytoplasmen im österreichischen Weinbau. *Der Winzer* **1/2004**, 11–13.
- Lessio, F. – Alma, A. (2004): Seasonal and Daily Movement of *Scaphoideus titanus* Ball (Homoptera: Cicadellidae). *Environmental Entomology*. **33**, (6) 1689–1694.
- Lessio, F. – Tedeschi, R. – Alma, A. (2007): Presence of *Scaphoideus titanus* on American grapevine in woodlands, and infection with "flavescence dorée" phytoplasmas. *Bulletin of Insectology*. **60**, (2) 373–374.
- Lessio, F. – Palermo, S. – Tedeschi, R. – Alma, A. (2003): Presence of grapevine yellows phytoplasmas vectors (Homoptera, Auchenorrhyncha) in northwestern Italy. 14th Meeting of ICVG, Locorotondo (Italy), September 12–17: 75–76.
- Lucchi, A. – Cosci, F. – Mazzoni, V. – Santini, L. (2000): Preoccupante diffusione di *Scaphoideus titanus* Ball (Homoptera Cicadellidae) in vigneti della Liguria meridionale e della Toscana litoranea. *Petria*. **10**, 183–185.
- Magaray, P. A. – Wachtel, M. F. (1986): Grapevine yellows, a widespread apparently new disease in Australia. *Plant Disease*. **70**, 694.
- Maixner, M. (2005): Risk posed by the spread and dissemination of grapevine pathogens and their vectors. 141–146. 2005. In *Introduction and Spread of Invasive Species*, Symposium Proceedings No. 81, The British Crop Production Council, Alton, Hampshire, UK. 141–146.
- Maixner, M. – Pearson, R. C. (1992): Studies on *Scaphoideus titanus*, a possible vector of grapevine yellows on wild and cultivated grapes in New York. *Proceedings of the 10th Meeting of ICVG, Volos* **1990**.
- Maixner, M. – Pearson, R. C. – Boudon-Padieu, E. – Caudwell, L. A. (1993): *Scaphoideus titanus*, a possible vector of Grapevine Yellows in New York. *Plant Disease*. **77**, 408–413.
- Magud, B. – Tosevski, I. (2004): *Scaphoideus titanus* Ball. (Homoptera: Cicadellidae) nova stetocina u Srbiji Biljni lekar. Novi Sad. **32**, (5) 348–352.
- Martini, M. E. – Murari, N. – Mori, N. – Bertaccini, A. (1999): Identification and epidemic distribution of two flavescence dorée-related phytoplasmas in Veneto (Italy). *Plant Disease*. **83**, 925–930.
- Marzorati, M. – Alma, A. – Sacchi, L. – Pajoro, M. – Palermo, S. – Brusetti, L. – Raddadi, N. – Balloi, A. – Tedeschi, R. – Clementi, E. – Corona, S. – Quaglino, F. – Bianco, P. A. – Beninati, T. – Bandi, C. – Daffonchio, D. (2006): A novel *bacteroidetes* symbiont is localized in *Scaphoideus titanus*, the insect vector of Flavescence Dorée in *Vitis vinifera*. *Appl. Environm. Microbiol.* **72**, (2) 1467–1475.
- M'hirsi, S. – Achecheb, S. – Fattoucha, S. – Boccardo, G. – Marrakchib, M. – Marzoukia, N. (2004): First report of phytoplasmas in the aster yellows group infecting grapevine in Tunisia. *Plant Pathology*. **53**, 521.

- Mazzoni, V. – Alma, A. – Lucchi, A. (2005): Cicaline dell'agroecosistema vigneto e loro interazioni con la vite nella trasmissione di fitoplasmi. In: A. Bertaccini and P. Braccini (Editors), *Flavescence dorata* e altri giallumi della vite in Toscana e in Italia. ARSIA, Firenze. 55–74.
- Milkus, B. – Clair, D. – Idir, S. – Habili, N. – Boudon-Padieu, E. (2005): First detection of stolbur phytoplasma in grapevines (*Vitis vinifera* cv. Chardonnay) affected with grapevine yellows in the Ukraine. *Plant Pathology*. **54**, (2) 236.
- Ministry of Agriculture and the Environment, Republic of Slovenia (2011): http://www.arhiv.fu.gov.si/en/services_and_measures/regulated_organisms/grapevine_yellows_grapevine_flavescence_doree/
- Mori, N. – Bressan, A. – Martini, M. – Guadagnini, M. – Girolami, V. – Bertaccini, A. (2002): Experimental transmission by *Scaphoideus titanus* Ball of two *Flavescence dorée*-type phytoplasmas. *Vitis*. **41**, (2) 99–102.
- OEPP/EPPO (1983): Data sheets on quarantine organisms No. 94, Grapevine flavescence dorée MLO. *Bulletin OEPP/EPPO Bulletin* **13**, (1).
- OEPP/EPPO (1990): Specific quarantine requirements. *EPPO Technical Documents* **No. 1008**.
- OEPP/EPPO (1994): Certification schemes. No. 8. Pathogen-tested material of grapevine varieties and rootstocks. *Bulletin OEPP/EPPO Bulletin*. **24**, 347–368.
- Orosz, Sz. – Zsolnai, B. (2009): Survey for the presence of *Scaphoideus titanus* Ball in Hungary (*Hemiptera: Auchenorrhyncha: Cicadellidae*). 5th European Hemiptera Congress (31 August–4 September 2009), Velence, Hungary, Abstracts. 35.
- Orosz, Sz. – Zsolnai, B. (2010): Survey of the Presence of *Scaphoideus titanus* Ball in Hungary. *Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica*. **45**, (1) 115–119.
- Osler, R. – Boudon-Padieu, E. – Carraro, L. – Caudwell, A. – Refatti, E. (1992): First results to the trials in progress to identify the agent of a grapevine yellows in Italy. *Phytopath. Medit.* **31**, 175–181.
- Osti, M. – Triolo, E. – Lucchi, A. – Santini, L. (2000): La *flavescenza dorata* nelle Cinque Terre. *L'Informatore Agrario*. **10**, 89–92.
- Pearson, R. C. – Pool, R. M. – Gonsalves, D. – Goffinet, M. C. (1985): Occurrence of flavescence dorée-like symptoms on 'White Riesling' grapevines in New York, USA. *Phytopathologia mediterranea*. **24**, 82–87.
- Petrovic, N. – Boben, J. – Ravnikar, M. (2004): Laboratory testing of grapevine yellows in Slovenia indicates a widespread presence of Bois noir. *Acta Agriculturae Slovenica*. **83**, 313–321.
- Quartau, J. A. – Guimaraes, J. M. – André, G. (2001): On the occurrence in Portugal of the Nearctic *Scaphoideus titanus* Ball (*Homoptera, Cicadellidae*), the natural vector of the grapevine "*Flavescence dorée*" (FD). *IOBC/wprs Bulletin*. **24**, (7) 273–276.
- Refatti, E. – Osler, R. – Carraro, L. – Pavan, F. (1992): Natural spread of a *flavescence dorée*-like disease in north-east Italy. Proceedings of the 10th Meeting of ICVG. Volos, Greece.
- Roschatt, C. – Haas, E. (2005): Schwarzholzkrankheit breitet sich aus. *Südtiroler Landwirt*. **59**, (8) 39–41.
- Santini, L. – Lucchi, A. (1998): Presenza in Toscana del cicadellide *Scaphoideus titanus*. *L'Informatore Agrario*. **49**, 73–75.
- Schvester, D. – Carle, P. – Moutous, G. (1963): Transmission de la flavescence dorée de la vigne par *Scaphoideus littoralis* Ball. *Ann. Epiphyties*. **14**, 175–198.
- Seljak, G. (2002): Non-European *Auchenorrhyncha* (*Hemiptera*) and their geographical distribution in Slovenia. *Acta Entomologica Slovenica*. **10**, (1) 97–101.
- Seljak, G. (2004): Contribution to the knowledge of planthoppers and leafhoppers of Slovenia (*Hemiptera: Auchenorrhyncha*). *Acta Entomologica Slovenica*. **12**, (2) 189–216.
- Seljak, G. (2008): Distribution of *Scaphoideus titanus* in Slovenia: its new significance after the first occurrence of grapevine "*flavescence dorée*". *Bulletin of Insectology*. **61**, (1) 201–202.
- Seljak, G. – Matis, G. – Miklavc, J. – Beber, K. (2003): Identification of potential natural vectors of grape yellows in Drava wine-growing region. *Zbornik predavanj in referatov 6. Slovenskega Posvetovanja o Varstvu Rastlin, Zrece, Slovenije*, 4–6 marec 2003.
- Sousa, E. – Cardoso, F. – Casati, P. – Bianco, P. A. – Guimarães, M. – Pereira, V. (2003): Detection and identification of phytoplasmas belonging to 16SrV-D in *Scaphoideus titanus* adults in Portugal. 14th Meeting of ICVG, Locorotondo, Italy, 12–17 Sept., 2003: 78.

- Vidano, C. (1964): Scoperta in Italia dello *Scaphoideus littoralis* Ball Cicalina americana collegata all "Flavescence dorée" della Vite. Ital. Agr. **101**, 1031–1049.
- Vidano, C. (1966): Scoperta della ecologia ampelofila del *Cicadellide Scaphoideus littoralis* ball nella regione neartica originaria. Annali della Faculta di Scienze Agrarie dell'Universita degli Studi di Torino. **III**, 297–302.
- Zeisner, N. (2005): Augen auf im Süden: Amerikanische Zikaden im Anflug. Der Winzer. **05**, 20–21.
- Zsolnai B. (2009): A *Scaphoideus titanus* Ball (*Auchenorrhyncha*) életmódjának hazai vizsgálata. 55. Növényvédelmi Tudományos Napok, Agrozoológia, Budapest. 18.
- Zsolnai B. – Dér Zs. – Alma, A. – Berttaccini, A. (2007): A *Scaphoideus titanus* Ball (*Auchenorrhyncha*) első hazai megjelenése. 53. Növényvédelmi Tudományos Napok, Budapest, 2007. február 20–21: 35.

A szerző címe – Address of the author:

BENEDEK Pál
Nyugat-magyarországi Egyetem
Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar
Környezettudományi Intézet
Állattani Intézeti Tanszék
H-9200 Mosonmagyaróvár, Vár 4.
E-mail: benedek@mtk.nyme.hu



Szemle Réz a talajban

FORRÓ-RÓZSA ESZTER

IKR Agrár Kft.
Bábolna

ÖSSZEFOGLALÁS

A réz nélkülözhetetlen az élő szervezetek számára. A növények számára elsősorban a talajban válik hozzáférhetővé, azonban talajaink rézellátottsága nagy egyenlőtlenségeket mutat, ez akár zavart is okozhat a növényi, valamint az állati táplálkozás egyensúlyában. Így nagyon fontos foglalkoznunk a réz tulajdonságaival, különböző formáival, talajbeli mozgékonyásával és az azt befolyásoló tényezőkkel. Ebben a szemlecikkben összefoglaltam mindazon irodalmakat és különböző tanulmányokat, kutatási eredményeket, mely a réz e tulajdonságaival foglalkozik.

Kulcsszavak: réz, talaj, esszenciális mikroelem, mozgékonyág, felvehetőség.

BEVEZETÉS

A réznek kiemelten fontos szerepe van a növénytáplálásban, a növények növekedésében. Mint esszenciális elem elengedhetetlen a megfelelő életfolyamatok lejátsszódásához, a légzési lánc aktiválójá, számos enzim aktivátora és alkotója (*Shkolnyik* 1984). Szerepe van a termésminőség, valamint a termésmennyiség kialakításában, hatással van többek között a gabonák fehérje- és sikértartalmára is. Nemcsak növénytáplálás szempontjából tölt be fontos szerepet, hanem gombaölő tulajdonságai révén fontos a növényvédelemben is. Így elengedhetetlen foglalkoznunk különböző formáival, tulajdonságaival, valamint a talajban betöltött szerepével, mivel ez az egyik legfontosabb rézforrás termesztett növényeink számára.

A réz a Cuprum latin szóból ered, Ciprus szigetének nevéből, amely már az ókorban fontos rézlelőhely volt.

A réz használatának történetiségét kutatva kitűnik, hogy azt az ókorban már 8–9 ezer évvel ezelőtt Kis-Ázsiában edénykészítésre használták. Az ókorban azonban alkalmazása már több célt is szolgált: szerszámok készítését, gyógyítást, fertőtlenítést. Egyes irodalmak szerint Indiában – időszámításunk előtt 2000 évvel – a szem betegségeinek gyógyítására is használták a réz sóit a vas és az arzén mellett. A régi görögök úgy tartották, hogy a réz és a vas erősíti a szervezetet, csökkenti a gyulladásokat és gyorsítja a sebgyógyulást.

Hippokratész és Galenus orvosi munkáikban is megemlítenek olyan készítményeket, amelyek ezeket az elemeket tartalmazzák. A régmúlt időkben a rezet vizes-alkoholos formában – vassal és néhány más fémrel együtt – katonáknak és beteg embereknek adták az életerő javítására. Hosszú évek során jöttek rá arra, hogy az állat- és növénygyógyászatban is felhasználható.

A vas és az alumínium után a legnagyobb tömegben termelt fém. A Kárpát-medence egyik legismertebb és legjelentősebb ásványi nyersanyaga, valamint az ólom és cink mellett az egyik legismertebb, bányászott színesérc. Hazánkban a 16–17. században volt nagy ipari jelentősége a bányászatának, mely nyugat-európai hírré is szert tett (<http://www.rezinfo.hu>). Nagyon jó elektromos vezetőképességgel rendelkező rézvörös, közepesen kemény, erős fém. A periódusos rendszer 29., valamint a rézcsoport első eleme, általában két, ritkábban egy vegyértékű. Relatív atomtömege: 65,34, sűrűsége: 8,97 g/cm³, olvadáspontja: 1083 °C (www.kislexikon.hu/rez.html).

Kevéssé aktív fém, halogénnel egyesül, de hidrogénnel csak közvetve egyesíthető. Az oxigén csak magas hőmérsékleten hat rá, ekkor fekete CuO réteg keletkezik rajta. Két stabil és számos rövid élettartamú mesterséges radioaktív izotópja létezik.

„A réz élettani hatását az irodalmak kis ionátmérőjével, nagy atomtömegével, változó vegyértékével és komplexképző hajlamával magyarázzák. Elektrontranszportban és a légzési anyagcserében, valamint a fehérjesszintézis és a szénhidrát-anyagcsere folyamataiban játszik fontos szerepet az enzimek alkotórészeként” (Kalocsai 2006).

Elemi állapotban gyakran előfordul, a levegő, a tengerek és a földkéreg 0,007%-át teszi ki. Közel 300 különböző rézásványt ismerünk. A réz különböző mértékben a világ összes talajában jelen van. A talajok mikroelem-tartalmát a talajt alkotó kőzeteknek a mállása során felszabaduló mikroelem-tartalma határozza meg. A földfelszín átlagos réztartalma édesvizekben 3 µg/l, a tengervizekben 0,25 µg/l, földkéregben 55 mg/kg, a természetes talajokban 1–390 mg/kg között változhat (Mortwedt et al. 1972, Bowen 1979, 1982, Győri 1984, Adriano 1986).

A réz természetéből adódóan minden vízi környezetben fellelhető: patakokban, folyókban, tengerekben és óceánokban. Az esővíz, a talaj- és parterózió, a levegőben és a tenger mélyén létrejövő vulkanikus folyamatok, emberi és mezőgazdasági tevékenységek, során réz szabadul fel a vízben és a légkörben, majd ezeket követően egy része lerakódik, annak is egy része megkötődik a vízfolyásokban, a többi pedig eljut a tengerekbe és óceánokba. Éves szinten a természetes folyamatoknak köszönhetően mintegy négyszer annyi réz rakódik le a vizekben, mint az emberi tevékenység következtében (<http://www.eurocopper.org/copper/index.html>). Az esővíz képes oldani a rezet, (különösen akkor, ha a szennyeződések hatására savassá válik), illetve hordozhat rézrészecskéket. Az eső hatásának kitett rézforrások között találjuk: a természetes porokat (szélérozió, vulkanikus tevékenység, kozmikus porok), az antropikus eredetű füstöket (fa, növények, fosszilis tüzelőanyagok, üzemanyagok, szemétegetők égéstermékei), az ipari eredetű porokat (bányák, öntödék), a réztetőket, ereszcatornákat, esővízelvezető csatornákat, az elektromos vezetékeket stb. által kibocsátott részecskéket. A réz nagyobb koncentráció esetében (5 mg/l felett) az ivóvíz elszíneződését okozza, kellemetlen ízt ad, és növeli a korrozív hatását. A rézkoncentráció az ivóvíz számos tulajdonságától függ: pH, keménység, anionkoncentráció, oxigéntartalom, hőmérséklet (Takács 2001).

Annak ellenére, hogy egyre nagyobb problémát okoz a nehézfémek talajvízbe mosódása, kevés tanulmányt végeztek arra vonatkozóan, hogy milyen tényezők hatnak telítetlen áramlási viszonyok között a nehézfémek mozgására (*Abd-Elfattah és Wada* 1980, *Dudley et al.* 1991).

A RÉZ ELŐFORDULÁSA A TALAJBAN

Swaine (1969) szerint a talajok átlagos összes réztartalma kb. 20 mg/kg, azonban ez nagyon eltérő szélsőségek átlagát jelenti (*Győri et al.* 1987).

A talajképző kőzetek ásványianyag-tartalma határozza meg elsősorban a talajok összes réztartalmát, ugyanúgy, mint a Zn és a Mg esetében. Kőzettípustól függően változik a réztartalom, a legnagyobb mennyiségben a bázikus kőzetekben található (140 mg/kg), az üledékes kőzetek már kevesebb rézet tartalmaznak (57 mg/kg) és a legkisebb mennyiségben (30 mg/kg) a savanyú kőzetekben, mint pl. a gránitban fordul elő. Szulfidos és oxidos ércnek nagyobb tömegben tartalmazzák, pl. kalkopirit (CuFeS_2), kalkozit (Cu_2S) és kovellin (CuS), szulfo-arsenid, illetve szulfo-antimonid az enargit (Cu_3AsS_4) és a tetraedrit (Cu_3SbS_3). Oxidok a kuprit (Cu_2O) és a tenorit (CuO); karbonátok a malachit [$\text{CuCO}_3\cdot\text{Cu(OH)}_2$] és az azurit [$2\text{CuCO}_3\cdot\text{Cu(OH)}_2$] (www.vilaglex.hu/Kemia/Html/Rez.htm).

A talaj réztartalmának egyenlőtlensége problémát okoz az összes élelmiszertermelő mezőgazdasági ágazatban. A rézhiány a termelékenység csökkenését és termék minőségének romlását eredményezi. Rendkívül érzékenyen érinti a rizs- és búzatermesztést, melyek világviszonylatban a két legnagyobb betakarítási ágazatot képviselik. Nyugat-Európában például 18 millió hektár megművelt földterület (azaz az összes művelhető földterület 19%-a) rendelkezik nagyon alacsony réztartalommal. Ennek oka az intenzív mezőgazdasági termelés, amely a talaj elszegényesedéséhez vezet. Ez zavart okozhat a növényi, valamint az állati táplálkozás egyensúlyában, ezért külső források igénybevétele válik szükségessé egyrészt a talaj réztartalmának kiegészítésére, másrészt egyes haszonállatok táplálásában az étvágy javítása és a növekedés elősegítése céljából. A probléma megoldását szolgálja a mezőgazdasági talajok réztartalmát növelő műtrágyák széles körű alkalmazása. Igaz ugyan, hogy a talaj rézhiánya kedvezőtlen hatással van bizonyos típusú mezőgazdasági termelési formákra, valamint az állatok növekedésére, ám a túlzott réztartalom sem ajánlatos. A rézben túl gazdag talaj ugyanis hátrányos lehet bizonyos növények, illetve állatok esetében. Egyes birkafajták például viszonylag rosszul tolerálják a túl sok rézet, s a szarvasmarhák is érzékenyebbek a táplálék magas réztartalmára. Így a talaj magasabb réztartalma is előnytelen számukra.

Keresztény Béla fontos munkát végzett a hazai mikroelem-kutatásban, azok jelentőségét, valamint a növénytáplálásban betöltött szerepüket azonban Tölgyessy György írta le (*Keresztény* 1950, *Tölgyessy* 1969, *Keresztény* 1971). *Katalümov* (1965), valamint *Bergman* (1968) mikroelem-szaktanácsadási munkái nagy hatással voltak a hazai a kutatásokra ebben a témakörben, valamint a mikroelem-trágyázásra.

A FAO által 30 országban végzett kutatások eredménye alapján megállapították, hogy Magyarországon a talajok felvehető Cu-készlete és a növényi Cu-tartalmak nemzetközi összevetésben egyaránt átlagosnak minősülnek kiugró értékek nélkül. Az ellátottság összességében kielégítőnek tekinthető. Kivételt a szerves talajok, lápok, sovány homokok képezhetnek (Kádár 2008). Azonban a FAO-vizsgálatok kimutatták azt is, hogy a talajok mozgékony réztartalma (az ammónium-acetát-EDTA extrahálószerrel) a nemzetközi összehasonlításban is alacsony értéket mutat (Sillanpää 1982).

Más vizsgálatok szerint hazánk talajainak Cu-tartalma nagyon tág határok (3,2–38 mg/kg) között mozog (Győri 1984). Talajvizsgálati adatok, illetve határértékek alapján sorolták be a magyarországi talajokat, melyek réz- és cinkellátottság tekintetében jelentős hiányokat mutatnak. Győri *et al.* (1962) által végzett mérések alapján csernozjom talajokon mértek nagyobb, a homok- és láptalajokon kisebb mennyiségeket. Ebből következően a szántott rétegben található Cu mennyisége 12–102 kg/ha. A réznek komplexképző képessége és nagyobb adszorpciós energiája miatt kis hányada van mozgékony formában. Ennek a mennyiségnek csak egy része található meg felvehető formában a növények számára, ami 4–20 mg/kg. Ez azonban az összes réztartalom csupán 1–2%-a (Győri *et al.* 1987). Egyes területeken, mint például Békés megyében 23%, Szabolcs-Szatmárban 17%, Fejér, Győr-Sopron, Tolna megyékben 10–13%-ot ért el a Cu- és Zn-ellátottság a területek %-ában kifejezve. Savanyú és meszes talajok is találhatóak a Cu-hiányos területek között. Gyakori, a főként DK-Magyarországon megtalálható meszes alapkőzetten kialakult csernozjom, öntés és réti csernozjomok gyenge ellátottsága, melyek azonban termékeny búza- és kukoricaföldeket jelentenek (Fekete és Patócs 1986, Kádár 2008). Hiánya továbbá savanyú kilúgozott, kolloidszegény talajokra jellemző (Kádár 2008). E kiemelten fontos esszenciális mikroelem mérlegét vizsgálva megállapítható, hogy országosan rézből 253 t az éves hiány (Szakál 1987). Régen a szerves trágyázással a mikroelemek köztük a réz jelentős része visszakérült a talajba, azonban az intenzív gazdálkodás, melyet a szintetikus műtrágyák használata és a megnövekedett termésmennyiség jellemez (Peczник 1976), mind a mai napig aktuális teszi a mikroelemek visszapótlásának kérdését. A hiány megszüntetéséről gondoskodnunk kell. A Cu-trágyázás szükségességének meghatározásához elsősorban a talajok kötöttségét és humusz%-át vesszük figyelembe Cu mg/kg.

1. táblázat Talajok K_A és humusztartalma (%) Cu-trágyázáshoz (Kádár 2005)

Table 1. K_A and humus content of soils, Copper fertilizer (Kádár 2005)

(1) soil water capacity (soil texture), (2) humus content (%), (3) under 30 (sand),
(4) 31–42 (sandy loam, loam), (5) over 42 (clay loam, clay)

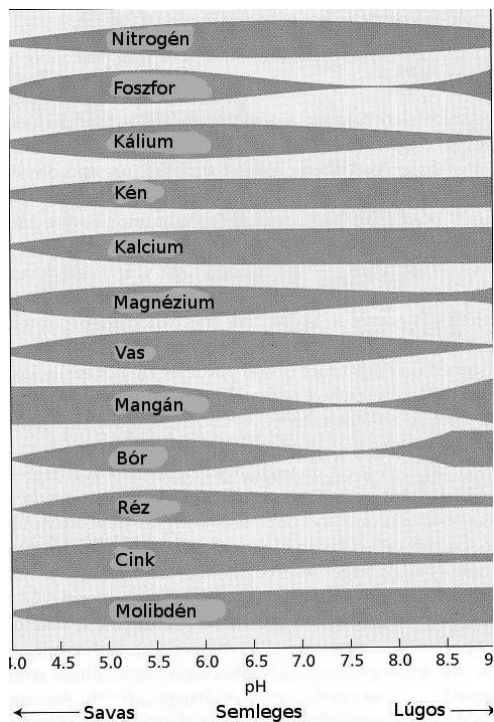
Kötöttségi szám, K_A (talaj fizikai félesége) (1)	Humusztartalom %-ban (2)		
	1% alatt	1–3%	3% felett
30 alatt (homok) (3)	0,2	0,3	0,6
31–42 (homokos vályog, vályog) (4)	0,3	0,6	1,4
42 felett (agyagos vályog, agyag) (5)	0,6	1,2	3,2

Az 1. táblázat alapján megadott koncentráció felett a talaj mobilis Cu-készlete kielégítő, azonban ha alatta van, akkor kiegészítő Cu-trágyázásra van szükség.

A fogyó réztartalmú ásványkincsünk, illetve a költséges és környezetszennyező előállítási technológiák miatt a rézvegyületek beszerzési költsége gátat szab a talajok rézhiánypótlására. Költségkímélés szempontjából, valamint a növényben mutatkozó hiánytünetek gyors megszüntetésére és az azokkal együtt járó rendellenességek kiküszöbölésére a lombkezelés került előtérbe (Réder *et al.* 2005). Azonban ezeket a kezeléseket még a hiánytünetek megjelenése előtt el kell végezni. Különböző kutatásokat végeztek lombkezelésekben, a mikroelektronikai ipar hulladékából előállított „másodlagos nyersanyagként” felhasznált réz komplex vegyületekkel. Szakál *et al.* (2006) pl. réz-ioncserélt zeolit alkalmazhatóságát vizsgálták, mint potenciális levéltrágya, továbbá réz-szacharóz komplexekkel és réz-amin komplexekkel, is végeztek kísérleteket.

Amint azt a fentiekben is láthattuk a réz mozgékonyasága igen kicsi a talajban, így a felszíni vizek réz tartalma is kicsi, mivel az ásványokból felszabaduló réz részben az agyagon, részben a talaj szerves anyagán kötődik meg, de ez a kémhatás csökkentésével (savanyítás) növelhető. A réz kötődik az egyes kationok közül a legerősebben az agyagásványokhoz ezzel is csökkentve a növények általi felvehetőségét, hozzáférhetőségét (Mitchel 1955, Alloway 1995, Ma *et al.* 2006). Franciaországban, Delas megfigyelte, hogy több évtizedes szőlőkultúrának réz tartalmú szerekkel való rendszeres növényvédelmi permetezése hatására a talaj felső 25 cm-es rétegében 242–845 mg/kg összes réz tartalom gyűlt össze. Ebből 63–186 mg/kg réz kicserélhető formában, vagyis a növények számára felvehető formában volt jelen (Delas 1980). Egyes vizsgálatok szerint a magas nedvességtartalom hatására nő – más elemek mellett – a réz mozgékonyasága, így a kimosódási veszteségek is jelentősek lehetnek. Meszezés hatására, illetve a meszes talajokon csökkenhet a talaj oldható réz tartalma (Reisinger *et al.* 1996, Szakál *et al.* 1997), ez a transzportfolyamatok gátlódásához vezet, valamint súlyos tápanyaghiányt okoz a növényekben, még akkor is, ha a talaj jó tápanyag-ellátottságú (Szakál *et al.* 2006). Meszezési vizsgálatot végeztek többek között Győr-Moson-Sopron, Vas és Heves megyében, melyek bizonyították, hogy a legjobb minőségi értékeket nem a legnagyobb dózissal kezelt területek adják, ezzel is bizonyítva, hogy számos mikroelem felvehetőségét gátolja a meszezés. A talajban a nehézfémek mozgásával foglalkozó kutatások igazolták, hogy az adszorpciós folyamatok jelentős hatással vannak e transzportfolyamatokra. Ezek a kicserélődési folyamatok szoros összefüggésben vannak a talaj különböző tulajdonságaival, mint pl. a kation-kicserélő kapacitás (CEC), mely során a különböző, talajban lévő kationok pl. Ca és a nehézfém kationok pl. Cu kicserélődnek egymással (Vogeler 2001). Számos időszakos vizsgálatot végeztek e folyamatok számszerűsítésére pl. Fick és Isenbeck-Schröter (1989), Harter (1992). Bár e vizsgálatok bizonyították az összefüggést, figyelni kell arra, hogy a kísérleteket magas Cu²⁺ koncentráció mellett végezték (Vogeler 2001). Más a réz labilitását vizsgáló kísérletek is bebizonyították, hogy a talaj fizikai és kémiai tulajdonságai jelentős hatást gyakorolnak a transzportfolyamatokra (Biasiloi *et al.* 2010). Kevés tanulmány vizsgálta a réz elérhetőségét különböző redox körülmények között (Ma és Dong 2004, Grybos *et al.* 2007), és ugyan jelentős hangsúlyt fektettek a réz mobilitására és hozzáférhetőségére aerob talajrendszerben

(Lombi *et al.* 2003, Oliver *et al.* 2006), azt nagyon kevesen vizsgálták eddig, hogy hogyan viselkedik a Cu vízzel elöntött területeken (Ma és Dong 2004, Grybos *et al.* 2007).



1. ábra A talaj pH-értékének a hatása az egyes tápelemek felvehetőségére. A sátozott területek szélessége jelzi az illető elem gyökéren keresztüli felvételének mértékét (Taiz és Zeiger 2010)

Figure 1. The effect of soil pH of each nutrient can be recorded. The width of the shaded areas shows the extent of uptake trough the roots of this component (Taiz és Zeiger 2010)

A növények számára felvehető mikroelemek mennyiségét, elsősorban a talaj reakció-állapota, a pH szabályozza, így minden behatás mely közvetve vagy közvetlenül hat a talaj pH-jára, hat a mikroelem-felvételre is. A kialakuló hiányokra és az esetlegesen megjelenő toxikus hatásokra a pH hatására módosuló mikrobiológiai folyamatok is nagy hatással vannak, a mikrobiológiai tevékenység módosítja a Mn, Zn, Cu, Al és Mo mikroelemek oldhatóságát és oxidációs állapotát. A szerves anyag mikrobális lebomlásánál gyakran megfigyelhető, hogy a Cu felvehetősége csökken, ez szintén a mikrobiológiai megkötődésre utal (Schmidt és Szakál 2001a). Így a műtrágyázásnak van a legjelentősebb szerepe, ugyanis a talaj savanyodásával egyes elemek pl. Fe, Al, Mn, Cu, Zn, Pb, Ni, Cd mobilitása nő, míg más elemeké, csökken. Magas pH-értékű talajokon esetleg túlmeszezőskor, Cu Fe, Mn, Zn hiánya merülhet fel. Ezen okok miatt a levéltrágyázást kiemelt fontosságúnak tartják

Szentpéteri *et al.* (2005). Kísérletként különböző vegyületeket használtak a réz pótlására és vizsgálták azok hatásait (*Debreczeni* 1979, *Martens* 1985, *Karamanos et al.* 1986). *Younts* (1964) magas szervesanyag-tartalmú talajon végezte réz trágyázási kísérleteit.

Arra a következtetésre jutottak, hogy a talaj pH-jának növekedése a réz deszorpcióját csökkenti. Az 1. ábrán látható, hogy miként alakul az egyes elemek felvehetősége a talaj pH-értékének hatására.

A talajból a különböző növények eltérő mennyiségű mikroelemet vonnak ki a talajból (2. táblázat), azt hogy az egyes növények megfelelő mennyiségű rézet tartalmaznak-e legegyszerűbben levélanalízissel állapítható meg.

2. táblázat Mikroelemek kivonása a talajból (teljes növény) (*Pais* 1980)

Table 2. Extraction of micro-nutrient in the soil (whole plant) (*Pais* 1980)

- (1) plants, (2) quantities withdrawn, (3) Poaceae, (4) *Solanum tuberosum* L.,
(5) *Beta vulgaris* L. convar. *altissima* Döhl., (6) *Medicago sativa* L.,
(7) *Beta vulgaris* L. convar. *crassa* Mansf., (8) Graminae, (9) *Vicia faba* L.

Növényfaj (1)	Kivont mennyiség (g/ha) (2)				
	B	Cu	Mn	Mo	Zn
Gabona (3)	50–70	50–70	160–460	3–6	150–250
Burgonya (4)	50–70	40–60	300–450	3–6	200–500
Cukorrépa (5)	300–500	80–120	300–1000	4–20	300–600
Lucerna (6)	500–700	70–90	400–500	5–20	400–600
Takarmányrépa (7)	300–500	80–120	250–1000	4–20	300–600
Fűfélék (8)	70–90	30–60	250–360	3–20	200–400
Lóbab (9)	3–10	20–40	14–28	5–8	70–100

A talajok szerves anyagának a fulvósav része oldékony komplexet, míg a huminsav része (tőzegben réz-porfirin) oldhatatlan komplexet képezve gátolja a mikroelemeknek a felvehetőségét, ezzel csökkentve a közvetlenül felvehető rézmennyiséget. Egyéb elemek hiánya vagy jelenléte is az elemek felvételét módosítja az antagonizmusok és szinergizmusok által (N x Cu szinergizmus). Gyengén ellátott talajokon és növekvő N-trágyázáskor csökken a növények Cu-tartalma, erősödik a hígulás. A növekvő termés Cu-igényét a talaj nem képes kielégíteni, látszólagos N x Cu antagonizmus lép fel. Amennyiben a talaj rézzel jól ellátott vagy egyidejűleg Cu-trágyázást is folytatunk, a N-trágyázással a Cu-felvétel is nőni fog. A N „hajtó” hatása már régről ismert a legtöbb elem felvételére. A N-műtrágyák savanyító hatása, a NO₃⁻ anion jelenléte különösen serkentőleg hat a fém kationok felvételére (*Kádár* 2008).

A RÉZ KÜLÖNBÖZŐ FORMÁI, JELLEMZŐI, KOMPLEXEK

A réz jelenlétét oxigénmegkötő hemocianinban már 1847-ben *Harless* leírta puhatestűekből készített preparátumában. Majd 1938-ban sikeresen bebizonyították, hogy a citokróm-

oxidáz egy réztartalmú fehérje (Keilin és Hartree 1938). 1940-től számos tanulmány és átfogóan dokumentált szimpózium számol be különböző réz-fehérjékről (McElroy és Glass 1950, Peisach et. al. 1966, Malkin és Malmström 1970, Vänngard 1972, Malkin 1973, Weser 1973, Fridovich 1974a,b, Fee 1975, Malmström et al. 1975, Fridovich 1976, Michelson et al. 1977). Az egyes metalloenzimek fizikai-kémiai viselkedése alapján, beleértve az elektron abszorpciót, kiroptikai viselkedést, elektron paramágnesességet és a mágneses érzékenységet, lehetővé vált három különböző Cu(II) csoport meghatározása (Malmström et al. 1975).

I. típus

Az első típusú rezet tartalmazó oxidázok rendkívül mélykék színűek. Figyelemre méltó a 600 nm közelében rögzített többsávos elektron abszorpciója. A moláris abszorpciós együtthatója körülbelül két nagyságrenddel nagyobb (Malkin és Malmström 1970), mint a legtöbb réz-komplexben használt állandók. Az elektron paramágneses rezonancia paraméterek egyedülállóak abban, hogy ezeknél alacsony g értékeket és hiperfinom eloszlást mérnek (Malmström és Vänngard 1960, Lee és Dawson 1973, Deinum et al. 1974, Malmström et al. 1975). Az erős elektron abszorpciót nem lehet kizárólag a d-d átmenetekhez hozzárendelni. Bebizonyították, hogy a réznek az oxidációs állapota lehet +2, ekkor lapos sík geometriai formát vesz föl, és ha tiolát-kén-tartalmú ligandumok kapcsolódnak hozzá, akkor +1. A tiolát-kén egyes esetekben kén gyökké alakulhat, amit a Cu(I) stabilizál. Így arra a következtetésre jutottak, hogy a kén jelentős mértékben hozzájárul a réz-oxidázok mélykék színéhez.

II. típus

A második típusba tartozóak az ún. „multi-copper” oxidázokban vannak jelen. Az elektron abszorpciós tulajdonságai és az elektron paramágneses rezonancia tulajdonságai nagyon hasonlóak a legegyszerűbb Cu(II) komplexekéhez. Ezek reaktivitása egyedülálló, mert igen erősen kötődnek sok anion gátlóval, mint a cianidok, azidok, vagy halogenidek. Ugyanakkor hangsúlyozandó, hogy ebbe a típusba tartozó rézvegyületek mindig különböznek az alacsony elektron abszorpciós rézfehérjéktől (pl. a kuprein). Hibás következtetéseket vontak le számos tanulmányban erről a típusról, mivel elszigetelt módon vizsgálták őket. Ezeket más típusú rézvegyületekkel együttesen kell a „multi-copper” oxidázokban vizsgálni (Malmström et al. 1975).

III. típus

Kezdetben minden elektromos paramágneses rezonanciával nem kimutatható vegyületet a Cu(I)-nek tulajdonítottak. Azonban az ilyen típusúaknál az elektronok felvétele Cu(II) jelenlétére utal, antiferro-mágnesességgel párosítva. Másrészt a Cu(I) jelenlétét kimutatták réz-tioneinben (Weser et al. 1977). Ebben a réz-kén-tartalmú fehérjében a Cu(I)-et röntgensugaras fotoelektron spektrométerrel mutatták ki. Az ilyen típusú vegyületeknél a Cu(I)–Cu(III) párok és a $(\text{Cu}^{2+})_2\text{RSSR}$ jelenlétét is vitatják.

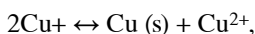
Ahogy a fentiekben is láthattuk a réz vegyületeiben és a kémiai folyamataiban kétféle oxidációs állapotban Cu^{2+} és Cu^+ ionként fordul elő. Vizes oldatban a Cu^{2+} ionok paramágneses, stabilis, kék színű, hidratált kation alakjában ($[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$) fordul elő.

A réz(I)-ionok instabilisak, színtelen diamágneses komplexek. Diszproporcionálódási hajlama jól értelmezhető a Cu^{2+} két lépesben lejátszódó redukciójával:



Cu(I) vegyületei, mint a Cu_2O , Cu_2S vízben nem oldódnak, de más vegyületei igen. A Cu(II) -vegyületek szerves és szervetlen kötésben (klorid, ammónium) egyaránt előfordulnak.

A pozitívabb standard redoxipotenciálú Cu^+/Cu oxidálja $\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}^+$ rendszert



ezért a reakció a diszproporcionálódás irányába tolódik el (Gergely *et al.* 2001).

A réz(II)-, illetve a réz(I)-állapot egyaránt stabilizálódhat (Kőrös 1980), ha különböző komplexképző ligandumok vannak jelen (Kőrös 1980). Ennek során a ligandumok (Lewis-bázisok) donoratomjuk szabad elektronpárjával koordinálódik a fémanionokhoz (Lewis-savak) úgy, hogy a fémion hiányos elektronhéja az elektronpárt felveszi (Burger 1999). A réz(II)-ionok az oxigén donoratomot tartalmazó ligandumokkal stabilis komplexet képeznek, amelyek színe legtöbbször kék vagy zöld (Greenwood és Earnshaw 1999).

Az emberi tevékenység során keletkezett egyre több hulladék újrahasznosítása egyre inkább előtérbe kerül. Sok esetben ezeket azért nevezik veszélyes hulladéknak, mert nagy mennyiségben kerül a környezetbe, azonban ha ezeket megfelelően kezelik, kiváló források lehetnek az újra felhasználásban, az ún. másodlagos nyersanyagoknak. Ezek az anyagok a mai gazdaságban egyre inkább elfogadottak.

Magyarországon nagymértékű mikroelektronikai tevékenység folyik, mely során nagy mennyiségű különböző réztartalmú vegyületek keletkeznek (CuCl_2 , CuSO_4 , $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$). Ilyen vegyületek a kísérletek által is bizonyítottan nem fitotoxikus Cu(II) -komplex vegyületek a réz-tetramin-hidroxid, ami kiváló réz műtrágya (Schmidt és Szakál 2001b).

Review Copper in soil

ESZTER FORRÓ-RÓZSA

IKR Agrar Ltd.
Bábolna

SUMMARY

Copper is essential for living organisms. It becomes available for plants primarily in the soil. Copper supply show however significant variability what can cause confusion in the

balances of plant and animal nutrition. Thus the properties of copper, its various forms, mobility in soil, and factors influencing that are questions of very high importance. In the present article, the concerning literatures and studies or rather the research results are summarized.

Keywords: copper, soil, essential micronutrient, mobility, course availability.

IRODALOM

- Abd-Elfattah, A. – Wada, K.* (1980): Adsorption of lead, copper, zinc, cobalt and cadmium by soils that differ in cation exchange materials. *J. Soil Sci.* **32**, 271–283.
- Adriano, C. D.* (1986): Trace elements in the terrestrial environment. Springer Verlag, New York, Berlin.
- Alloway, B. J.* (1995): Heavy metals in soils. Chapman & Hall, London.
- Bergman, W.* (1968): Die bedeutung der Micronährstoffe in der Landwirtschaft. Berlin, Landwirtschaft. **6**, 2–3.
- Biasiloi, M. – Kirby, J. K. – Hettiarachchi, G. M. – Ajmone-Marsan, F. – McLaughlin, M. J.* (2010): Copper Lability in Soils Subjected to Intermittent Submergence. *Journal Environmental of Quality*. **39**, (6) 2047–2053.
- Bowen, H. J. M.* (1979): Environmental chemistry. of the elements. Academic Press. New York.
- Bowen, H. J. M.* (1982): Environmental chemistry. Vol. **2**. The Royal Society of Chemistry, Burlington House, London.
- Burger K.* (1999): Az analitikai kémia alapjai – Kémiai és műszeres elemzés. Semmelweis Kiadó, Budapest.
- Debrecezeni B.* (1979): Kis agrokémiai útmutató. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- Deinum, J. – Reinhammar, B. – Marchesini, A.* (1974): The Stoichiometry of the Three Different types of copper in Ascorbate Oxidase from Green Zucchini Squash. *FEBS Lett.* **42**, 241–245.
- Delas, J.* (1980): Copper toxicity in Viticultural soils – Copper in Animal Wastes and Sewage Sludge Proceedings of the EEC Workshop organised by the Institut National de la Recherche Agronomique (INRA), Station d'Agronomie, Bordeaux, France, and held at Bordeaux, October 8–10, 1980 Session **II**, 136–143.
- Dudley, L. M. – McLean, J. E. – Furst, T. H. – Jurinak, J. J.* (1991): Sorption of cadmium and copper from an acid mine waste extract by two data using two adjustable parameters. *Soil Sci. Soc. Am. J.* **41**, 39–48.
- Fekete A. – Patócs I.* (1986): Az őszi búza fejtrágyázása. *Magyar Mezőgazda*, **12**, 7.
- Fee, J. A.* (1975): Copper proteins: Systems Containing the Blue Copper Center. In *Structure and Bonding*. Vol. **23**. Springer-Verlag, Berlin 1–60.
- Fick, M. – Isenbeck-Schröter, M.* (1989): Batch studies for the investigation of the mobility of the heavy metals Cd, Cr, Cu and Zn. *J. Contam. Hydrol.* **4**, 69–78.
- Fridovich, I.* (1974a): Superoxide Dismutases. In *Meister, A.* (ed.): *Advances in Enzymology*, Wiley Interscience, New York **41**, 35–97.
- Fridovich, I.* (1974b): Superoxide Dismutase. In *Hayaishi, O.* (ed.): *Molecular Mechanisms of Oxygen Activation*. Academic Press, New York. 453–477.
- Fridovich, I.* (1976): Oxygen Radicals, Hydrogen Peroxide and Oxygen Toxicity. In: *Prior, W.* (ed.): *Free radicals in Biology*, Vol **1**. Academic Press. New York. 239–277.
- Gergely P. – Erdődi F. – Vereb Gy.* (2001): Általános és bioszervetlen kémia. Semmelweis Kiadó, Budapest.
- Greenwood, N. N. – Earnshaw, A.* (1999): Az elemek kémiája I–III. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest.
- Grybos, M. – Davrance, M. – Gruau, G. – Petitjean, P.* (2007): Is trace metals release in wetland soils controlled by organic matter mobility of Fe-oxyhydroxides reduction? *J. Colloid Interface Sci.* **314**, 490–501.
- Győri D.* (1962): A Mg, Zn, Cu, Mo, Co mikroelemek eloszlása és vegyületformái néhány talajtípusban. *MTA Agrártud. Oszt. Közl.* **21**, 1–2.
- Győri D.* (1984): A talaj termékenységé. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.

- Győri D. – Regiusné M. Á. – Szabó S. – Szentmihályi S. (1987): Mikroelemek a mezőgazdaságban I. (esszenciális mikroelemek). Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- Harter, R. D. (1992): Competitive sorption of cobalt, copper and nickel ions by a calcium-saturated soil. Soil Sci. Soc. Am. J. **56**, 444–449.
- Harless, E. (1847): Ueber das blaue Blut einiger wirblosen Thiere und dessen Kupfergehalt. Arch. Anat. Physiol. Müllers. 148–156.
- Karamanos, R. E. – Kruger, G. A. – Stewart, J. W. B. (1986): Cereal and oilseed crops in northern canadian prairie soils. Agronomy Journal, **78**, (2) 317–323.
- Katalümov, M. V. (1965): Mikroelementü i mikroudobrenija. Moszkva, Himija, 330.
- Kádár I. (2005): Magyarország Zn és Cu ellátottságának jellemzése talaj- és növényvizsgálatok alapján. Acta Agronomica Óváriensis **47**, (1) 11–26.
- Kádár I. (2008): A mikroelemkutatók eredményeiről, különös tekintettel a Cu és Zn elemekre. Acta Agronomica Óváriensis. **50**, (1) 9–12.
- Kalocsai R. (2006): A réz (Cu). MezőHír. **10**, 58.
- Keilin, D. – Hartree, E. F. (1938): Cytochrome a and cytochrome oxidase. Nature **141**, 870–871.
- Keresztény B. (1950): Egyszerűsítések a réz és cink elemnyomok kimutatásánál. A Mosonmagyaróvári Mezőgazdasági Kísérleti Intézet Évkönyve, **1**, 144–147.
- Keresztény B. (1971): Talajtulajdonságok és mikroelem-tartalom összefüggései kislétföldi talajokban. Kandidátusi értekezés, Mosonmagyaróvár (Kézirat).
- Kőrös E. (1980): Bioszervetlen kémia. Gondolat Kiadó, Budapest.
- Lee, M. H. – Dawson, C. R. (1973): Ascorbate Oxydase. J. Biol. Chem. **248**, 6603–6609.
- Lombi, E. – Hamon, R. E. – McGrath, S. P. – McLaughlin, M. J. (2003): Lability of Cd, Cu and Zn in polluted soils treated with lime, beringite, and red mud and identification of a non-labile colloidal fraction of metals using isotopic techniques. Environ. Sci. Technol. **37**, 979–984.
- Ma, L. Q. – Lombi, E. – Oliver, I. W. – Nolan, A. L. – McLaughlin, M. J. (2006): Long-term aging of copper added to soils. Environ. Sci. Technol. **40**, 6310–6317.
- Ma, L. Q. – Dong, Y. (2004): Effects of incubation on solubility and mobility of trace metals in two contaminated soils. Environ. Pollut. **130**, 301–307.
- Malkin, R. – Malmström, B. G. (1970): The state and function of copper in biological systems. In Nord, F. F. (ed.): Advances in Enzymology, Wiley-Interscience. New York. **33**, 177–244.
- Malkin R. (1973): The Copper-Containing Oxidases. In Eichorn, G. L. (ed.): Inorganic Biochemistry Elsevier Amsterdam. 689–709.
- Malmström, B. G. – Vänngard, T. (1960): Electron spin resonance of copper proteins and some model complexes. J. Mol. Biol. **2**, 118–124.
- Malmström, B. G. – Andréasson, L. E. – Reinhammar, B. (1975): Copper-containing oxidases and superoxide dismutase. In Boyer, P. (ed.): The enzymes Academic Press, New York. 507–579.
- Martens, D. C. (1985): Crop response to high levels of copper application. Annual Report, INCRA, Project. 292–296.
- McElroy W. D. – Glass, B. (1950): Copper Metabolism. A symposium on Animal, Plant and Soil Relationships Sponsored by the McCollum-Pratt Institute of the John Hopkins University, Baltimore. John Hopkins Press. Baltimore Md.
- Michelson, A. M. – McCord, J. M. – Fridovich, I. (1977): Superoxide and Superoxide dismutase. Academic Press, London.
- Mitchel, R. L. (1955): Trace element chemistry of the soil. New York.
- Mortwedt, I. I. – Giordano, P. M. – Lindsay, N. L. (1972): Micronutrients in agriculture. Soil. Soc. Am. Madison. Wisconsin. **26**, 36–43.
- Oliver, I. W. – Ma, E. Y. – Lombi, A. L. – Nolan, M. J. – McLaughlin (2006): Stable isotope techniques for assessing labile Cu in soils: Development of an L-value procedure, its application, and reconciliation with E values. Environ. Sci. Technol. **40**, 3342–3348.
- Pais I. (1980): A mikrotápanyag szerepe a mezőgazdaságban. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest. 35–40.
- Peczник J. (1976): Levéltrágyázás. Mezőgazda Kiadó. Budapest. 19–21.
- Peisach, J. – Aisen, P. – Blumberg, W. E. (1966): The biochemistry of copper. Academic Press. New York.

- Reisinger P. – Schmidt R. – Szakál P. (1996): A talajmeszezés helyzete és a lehetséges megoldások hazánkban. Integrált Növénytermesztés. **12**, 100–108.
- Réder O. – Csatai R. – Szakál P. (2005): Az őszi búza réz-tetraminhidroxid komplexes kezelésének gazdasági vizsgálata. Acta Agronomica Óváriensis **47**, (1) 173–180.
- Schmidt R. – Szakál P. (2001a): Trágyázás és talajjavítás a fenntartható növénytermesztési rendszerekben. in: Birkás M. (szerk.): Talajművelés a fenntartható gazdálkodásban. 189–228.
- Schmidt R. – Szakál P. (2001b): Utilisation of copper containing industrial waste in agriculture as secondary raw material plant nutrient and fungicide. Applied Environmental Chemistry. 34–45.
- Shkolnyik, N. Y. A. (1984): Trace elements in plants. Elsevier, Amsterdam.
- Sillanpää, M. (1982): Microelements and the nutrient status of soils: a global study. FAO Soil Bulletin. **48**, Rome.
- Swaine, D. J. (1969) cit by Győri D. – Regiusné M. Á. – Szabó S. – Szentmihályi S. (1987): Mikroelemek a mezőgazdaságban I. (esszenciális mikroelemek). Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- Szakál P. (1987): Kísérletek réztartalmú hulladékok mezőgazdasági célú felhasználására. VII. Gépipari Környezetvédelmi Napok, Győr. 404–414.
- Szakál, P. – Schmidt R. – Reisinger P. – Hámori K. – Kerekes G. (1997): A meszezés hatása az őszi búza termésére és beltartalmi értékeire. XI. Országos Környezetvédelmi Konferencia. Siófok. 257–264.
- Szakál P. – Schmidt R. – Barkóczi M. – Kalocsai R. – Beke D. – Csatai O. (2006): N-containing copper complexes in wheat production. V. Alps-Adria Scientific Workshop. Cereal Research Communications. **34**, (1) 681–684.
- Szentpéteri Zs. – Jolánkai M. – Kleinheincs Cs. – Szöllősi G. (2005): Effect of Nitrogen Topdressing on Winter Wheat. Cereal Research Communications. **33**, (2–3) 619–727.
- Taiz, L. – Zeiger, E. (2010): Plant Physiology, 5th Edition. The Benjamin Cummings Publishing Company, Redwood City – California.
- Takács S. (2001): A nyomelemek nyomában. Medicina Könyvkiadó Rt., Budapest. 201–209.
- Tölgyessy, Gy. (1969): A növények mikroelem-tartalma és ennek mezőgazdasági vonatkozásai. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- Vännngard T. (1972): Copper proteins. In Swartz, H. M. – Bolton, J. R. – Borg, D. C. (eds): Biological Applications of Electron Spin Resonance. Wiley-Intescience. New York. 411–447.
- Weser U. (1973): Structural aspects and biochemical fuction Erythrocyuprein. In Structure and Bonding. Vol **17**. Springer Verlag. Berlin. 1–65.
- Weser, U. – Hartmann, H. J. – Fretzdorff, A. – Strobel, G. J. (1977): Homologous Copper (I)(thiolate)₂-Chromophores in Yeast Copper-thionein. Biophys. Acta. **493**, 465–477.
- Vogeler I. (2001): Copper and calcion transport through an unsaturated soil column. Journal of Environmental Quality. **30**, (3) 927–933.
- Younts, S. E. (1964): Response of wheat to rates, dates of application and sources of copper and to other micronutrients. Agronomy Journal. **56**, (3) 266–270.
- <http://www.eurocopper.org/copper/index.html> letöltés ideje: 2011. május15.
- <http://www.rezinfo.hu/rez> letöltés ideje: 2011. július 31.
- <http://www.kislexikon.hu/rez.html> letöltés ideje: 2011.május 15.
- www.vilaglex.hu/Kemia/Html/Rez.htm letöltés ideje: 2011. július 31.

A szerző levélcíme – Address of the author:

FORRÓ-RÓZSA Eszter
IKR Agrár Kft.
H-2943 Bábolna, IKR Park hrsz. 890.
E-mail: rozsaeszter@ikragrar.hu



**English Language Abstracts of PhD Dissertations Defended
in the Doctoral Schools of the Faculty of Agricultural and
Food Sciences at Mosonmagyaróvár
between January 2013 and December 2013**

**Competitive marketing strategies
in the national broiler fodder supply market**

HEDVIG BENKE

Dissertation Adviser: Antal Tenk, CSc, professor emeritus

I have chosen this topic for the research because in Hungary the economic relations of the housing systems of animal husbandry are among the poorly researched fields of science. No detailed study, in-depth analysis of this subject has yet been done at least in Hungary. Broiler production is almost the only sector of animal husbandry that increased its output in the last decade. This sector is also special due to the fact that it is almost completely mechanized. It is so despite that one part of the farming units (some 50% of those farming units according to literature) have technical equipment fulfilling the modern requirements. The growth of the broiler sector itself as well as the inevitable replacement of out of date equipment used in broiler production is a potential opportunity for the equipment distributors. The scientific results – based on the primary research carried out at two market leaders distributing broiler fodder supply equipment in the national market as well as at eight broiler production units during four years (2007–2010) – allow the distributors to get new aspects when developing their marketing strategies to become more and more competitive.

1. The data collection and processing method needed for the primary, demoscopic research in the broiler fodder supply equipment market has been developed by the candidate based on her own research method.
2. Based on the result of the research there was a significant difference in the opinion of the users and the distributors with regard to the factors influencing the competitiveness of the marketing strategy, which does not help (in certain cases even hamper) the sales of broiler fodder supply equipment.
3. A strong correlation ($r = 0.77$) was found between marketing costs and revenue of the broiler fodder supply equipment distributors, which connection has not yet been examined in the national broiler fodder supply equipment market.
4. There is a correlation of medium strength ($r = 0.68$) between marketing cost and income (operating earnings) in case of market leader distributors at the broiler fodder supply equipment market.
5. The quadratic functions describing the correlation between marketing costs and revenue/income allow the distributors to optimize their marketing expenditure at given market conditions.

The effect of climatic variability on winter barley production

ERZSÉBET ENZSÖLNÉ GERENCSÉR

Dissertation Adviser: Zoltán Varga-Haszonits, DSc, professor emeritus

Winter barley, as an important fodder crop, plays an important role in food production. A possible climate change can influence its productivity. Therefore we have examined the optimal climatic conditions for winter barley growth in Hungary and we studied how much that environment meets the needs of the plant and what effect it has on the growth and yield of that crop.

Winter barley development studies focused on the impacts of weather elements on the length of phenological phase and on the rate of development phase. Impact analyses were performed also for the whole growing season.

Water demand, water supply, water and radiation utilization of barley have been studied. Climatic potential is important for agroclimatic classification.

A multiplicative successive procedure based on the residual method has been developed with the aim of determining the effect of climate on the yield. It can be used for forecasting of winter barley yield.

Impact studies were performed by taking the temporal and spatial variability of climatic conditions into consideration. Also increasing greenhouse effect caused by a possible climate change was analyzed in the case of our test crop. Our studies can help to work out the climatic background for the future possibilities of forage production.

New scientific finding are as follows:

1. Within the investigation of the impact of meteorological elements on winter barley phenophases – with the help of the radiothermal index – we succeeded in detecting a much closer, nearly deterministic correlation than any domestic research achieved before.
2. Our research findings indicate a close relationship (with a correlation coefficient over 0.9) between the date of emergence and the length of the emergence-ripening phase, which supports the estimation of the date of ripening and harvest of the plant.
3. We numerically determined how the plant utilizes the radiation available during the growing season. The national average values of radiation use efficiency of winter barley referring to economic crops increased from below 0.25% in the early 1950s to over 0.5% by the end of the 1980s. In the last ten day period of the millennium this value shows significant decrease because of agrotechnical reasons.
4. We quantified how the water content evaporated of winter barley is utilized for the actual crop yield of the plant. Average values reflect that the evaporation of each kg of water produces 0.85–1.10 grams of grain crop. Maximal values fluctuate between 1,40 and 2,15 grams. It is remarkable that in counties located in the northern part of the Great Plain (Jász-Nagykun-Szolnok, Hajdú-Bihar and Szabolcs-Szatmár-Bereg County) maximum values exceed the quantity of 2 grams. Minimum values fluctuate between 0.29 and 0.54 grams.

5. The multiplicative successive approximation model, which is based on the determination of residuum, enabled to define a close correlation between the meteorological elements during the growing season of winter barley and the actual grain crop. Thus, it was possible to select the most significant periods of the growing season from the aspect of meteorological factors. Furthermore, the research also identified the meteorological factors which influence crop yields the utmost, which proved as a proper tool in estimating crop yields with less than 10% of estimation error in more than 70% of the cases, which can be considered a very good outcome.
6. We worked out a climate-yield model based of the production levels defined by de Wit, in which we determined
 - the 3rd and 4th levels of agrotechnical factors (variant, nutrient supply, plant protection) by applying a trend function,
 - the 2nd level of water supply by the agroclimatological analysis of both soil moisture and evaporation demand
 - the 1st production level of meteorological effects by the multiplicative successive approximation method based on the analysis of residuum. Previous model of this kind concerning winter barley has not been worked out before, moreover, it also cannot be found in literature published in English.

**A new technology for the induced spawning and rearing of pikeperch
(*Sander lucioperca* L.) targeting a more profitable production
in South Transdanubian fish ponds**

ÁDÁM NÉMETH

Dissertation Adviser: László Szathmári, PhD, associate professor

Pikeperch (*Sander lucioperca* L.) is one of the most valuable fish which can be sold at a high price in the Hungarian and international markets. Therefore the demand for pikeperch fry is significantly increasing at the fish farms. Present dissertation on the base of experimental investigations and scientific results aims to reach new objectives and create advanced technology, that could contribute to the successful and profitable production of this important fish species. Goals:

- Comparative analysis of semi-intensive spawning and hormonally induced propagation using carp pituitary and analogous synthetic hormone products. Development of methodology for a new, non-invasive induction and it's application to the fish hatchery practice.
- Formulation of new technology and practical implications of the rearing and feeding of pikeperch larvae (use of cyprinid nests).
- Experiments in pikeperch fingerling rearing in wintering ponds on natural and formulated feeds as well as in production-size ponds in polyculture.
- Experiments on the rearing of three-year old market-size pikeperch in large-surface deep reservoirs and fish ponds.

On the base of realized investigations the following new scientific results can be stated:

1. For the treatment and prevention of bacterial and fungal infections of pikeperch nests instead of the banned malachite green. There were developed new method with the use of Peridox (hydrogen peroxide) and of oxytetracycline (OTC).
2. New analogous hormone product, the Percipel was developed for hormone treatment which has a better biological efficiency than the carp pituitary. The cost of this product is only one fifth of the carp pituitary.
3. A non-invasive hormonal induction methodology was developed, whereby carp pituitary (or synthetic analogues) are administered by a special catheter through the genital pore directly into the ovary to induce ovulation. This represents an entirely new technological solution.
4. A new phosphoric acid ester was tested for the plankton selection before stocking pikeperch larvae. Instead of former chemicals for temporary reduction of copepods the RELDAN 22EC (225g/l chlorpyrifos-methyl), was used, which at the dose of 0.5 mg/l allows the bloom of rotifers and ciliates following the elimination of copepods.
5. Pikeperch fry rearing technology was modified by changing the dose and distribution regime of manure. Best results were achieved by distributing 1 t/ha of basic manuring and 0.2 t/ha of additional manuring every other day. Determination of optimal timing for flooding the ponds with water containing larger size zooplankton Cannibalism has significantly reduced by placing cyprinid nests with eggs into the ponds (2 nests per 100 000 larvae). This has also increased the number and body weight of harvested fry.
6. Optimal stocking density of pikeperch fingerling rearing in polyculture was determined (2000 individuals per hectare) together with the ideal volume and species composition of food fish. This includes topmouth gudgeon and rudd at the volume of 30–50 kg/ha.

Yield regulation of pear plantations with pruning and supplementary bee pollination

JENŐ VARGA

*Dissertation Advisers: József Iváncsics, CSc, associate professor and
Pál Benedek, DSc, professor*

The effect of Brunner-kind sectorial doubled pruning technique was analysed to the vegetative growth of selected pear cultivars (*William's pear*, *Packhams's Triumph* and *Bosc helmet*). The intensity of honeybee visitation as well as the foraging behaviour of honeybees on their flowers were also studied on six selected cultivars (*Bosc helmet*, *William's pear*, *Honey pear*, *Noble krasszán*, *Packhams's Triumph*, *Hóka*, *Clapp's favourite*, *Piroska*). Additionally, the effect of restricted bee pollination to the fruit set was investigated. It was also planned to justify that the examined pruning technique can be resulted in an easily, efficient and sustainable plantation model.

New scientific results and advices to the practice:

1. It was found that a three year long application of Brunner-kind sectorial double pruning technique can help us to keep optimal angle among twigs in case of all the three investigated cultivars (*William's pear*, *Packhams's Triumph* and *Bosc helmet*), what more we managed to achieve more favourable, slightly narrowing angles on *Bosc helmet* and *William's pear*. As our experiments were implemented in commercial pear plantations the Brunner-kind sectorial double pruning technique can be highly recommended to use in the practice.
2. The foraging behaviour of honeybees on pear flowers was found to be pretty the same in the morning and afternoon. The intensity of honeybee activity was found to be definitely decreasing with the increasing distances from the apiary moved to one side of the plantation
3. In general the number and weight of fruits at harvest was negatively correlated with the reduced time of the effective bee pollination period but this relationship was not clearly expressed in all instances. Namely, at some instances (in the case of cvs *Bosc helmet*, *William's pear*, *Honey pear*, *Noble krasszán*) slightly reduced duration of the effective bee pollination period (67% open) was resulted in somewhat more crop yield than open pollination. In some other cases (with cvs *William's pear*, *Hóka*, *Packham's Triumph*) somewhat more crop was harvested with definitely reduced bee pollination (50% open) than with slightly reduced bee pollination more (67% open) and with open pollination.
4. Based on the above findings pear seems to be less sensitive to partially reduced bee pollination period than apple or quince. However, different pear cultivars can react different way to restricted bee pollination. Namely, some investigated pear cultivars produces definitely less yields under reduced time of bee pollination period, but other cultivars partial exclusion of bees during the flowering period did not set back the yield, either.

5. We got new result about the parthenocarpic fruit formation. It was found that that *Clapp's favourite* and the *Noble krasszán* – which have strong parthenocarpic predisposition according to *Nyéki, Soltész and Iváncsics* (1998b) – strongly react to reduced bee pollination period and bring no fruit under full isolation (complete exclusion of bees) which is against the former statement that they would definitely be inclined to bring fruit in a parthenocarpic way. However, two other cultivars, *Piroska* and *Hóka* whose parthenocarpic capacity have been unknown so far, have a definite parthenocarpic predisposition to grow fruit, because in our experiments these cultivars have produced fruits even under complete isolation (complete exclusion of bees) during the flowering period.
6. Our results show that the parthenocarpic fruit formation does not show any clear relationship with the effective time or with the restriction of the bee pollination period, so the limited bee pollination alone has no definite effect to the measure of parthenocarpic fruit formation.

A comparative study and evaluation of the Hungarian and Austrian farm advisory systems

ANDRÁS VÉR

Dissertation Adviser: János Cser, PhD, associate professor

The author has found it necessary to achieve the objective set out in the title of the Thesis: to analyse a comparable advisory system with the Hungarian one which is more advanced and has longer tradition. To these conditions Austria corresponded best as it has similar environmental circumstances, close geographical location (Lower Austria, Burgenland) and the extension/advisory system here is well developed. The history of the two countries – though in the twentieth century the development went to different directions – in the past they related to each other in many ways.

Summarising the conclusions of the research it can be stated that the results can be used in their complexity in the development of the efficiency of the Hungarian advisory system. Therefore the suggested structure would be available for the farmers and the advisors as well that would be advantageous even in the long term.

According to the carried out trials the following new scientific findings can be stated:

1. I have compared two economically different country's (Hungary and Austria) farmers' requirements and needs concerning advisory systems. Knowing the farmers requirements, the aims and goals of the advisory systems as well as their working processes and their effective structure can be outlined.
2. I have compared the consultants/advisors services of the two chosen countries (such as advisory methods, knowledge transfer techniques, working relationships, etc.). I have concluded that effective advisory work can be carried out in such country, where the knowledge and training level of the advisors are high, their knowledge is regularly updated, and furthermore the Agricultural Knowledge and Information System is fully available for them.
3. I have investigated the working process of the advisory systems in both countries. I have concluded that the advisory system can be effective only in those countries, where the continuous learning of the advisors are in very high level, the methods used for the advising fulfils the requirements of the farmers, and by the correct motivation methods the advisors are encouraged to exercise their profession.
4. Based on the conclusion made during the research work I have outlined a "one window" agricultural advisory system which is much more optimal than the existing system from the expert point of view. The new system is much more cost effective.

From the point of the farmers view the above outlined system would give the following advantages:

- The efficiency of the advisory system would be notably increasing as the farmer would have the needed information in one place from a reliable source, consequently he/she would have more time for the effective work.

- Due to the more simple and transparent advisory system, the farmers would use the advisory system with more trust; therefore they would be more competitive.
- The farmers would have the information more easily and quickly, which would help their decision making more effective.
- The farmer would have a better (winning) position in applying for call of proposals, and supports since such advisor would deal with the farmers, who is well trained, moreover knows the financial limits, possibilities and requirements of the farmer.

Due to the proposed attitude and system changes the advisory network would be more reasonable, more effective and farmer friendly, therefore the support would be spent on the effective work and the effective operation of the new advisory system.

Tájékoztató és útmutató a szerzők részére

ÁLTALÁNOS SZEMPONTOK

1. Csak önálló kutatáson alapuló, más közleményekben meg nem jelent, a növénytermesztés (kertészet, genetika, növénykórtan, állati kártevők, agrometeorológia, növényélettan, agrobotanika stb.), állattenyésztés (takarmányozás, állatgenetika, állategészségügy stb.), élelmiszer- és az ökonómiai tudományok témakörébe tartozó **szakcikket** közölhetünk. **Szemle** rovatunkba a fenti tárgykörökhöz tartozó irodalmi összefoglalók, témadokumentációk, módszertani ismertetések stb. kerülnek.
2. Tudományos folyóiratunkban a dolgozatokat **angol** vagy **magyar** nyelven tesszük közzé. Ez attól függ, hogy az új tudományos eredmények **nemzetközi vagy inkább hazai érdeklődésre tarthatnak számot. Más nyelven a továbbiakban már nem fogadunk be cikkeket.** A közlemények megjelentetésekor, az adott lapszámok összeállításakor az angol nyelvű anyagok előnyt élveznek. A megfelelő nyelvi színvonal fenntartása érdekében **angolul írt cikk benyújtásakor anyanyelvi lektor által kiállított igazolást is kérünk csatolni.**
3. **Csak formailag kifogástalan kéziratot fogadunk el.**
4. **A kéziratot** – annak mellékleteivel együtt – **2 példányban kinyomtatva és elektronikusan** (adathordozón vagy e-mailben) kell megküldeni Dr. Varga Zoltán címére: Acta Agronomica Óváriensis Szerkesztőbizottsága, 9201 Mosonmagyaróvár, Vár 2.; varzol@mtk.nyme.hu

A KÉZIRAT ÖSSZEÁLLÍTÁSA

1. Formai követelmények

- 1.1. A kézirat táblázatokkal és ábrákkal együtt legfeljebb 16 gépelt – számozatlan – oldal legyen, Times New Roman CE betűtípussal 12 pt betűmérettel, körben 2 cm-es margót hagyva. A gépírás fekete betűkkel, irodai (A/4-es) papír egyik oldalára, 1,5-es sorközzel történjék. Fej- és lábléc (másként: előfej és előláb) használatát kérjük mellőzni.
- 1.2. Az alcímeket, fejezetcímeket, egyéb elkülönülő részeket 1–1 üres sorral kell elválasztani a fő szövegtől, aláhúzás és sorszám nélkül.
- 1.3. Az idegen szavak írását fonetikusán vagy, ha még nem honosodtak meg, eredeti helyesírással kérjük.
- 1.4. A magyar fajnevek mellett a tudományos nevet (esetenként a címben is) fel kell tüntetni és **dőlt** betűvel írni. A fajták nevét (magyar és külföldi) a minősítésben elfogadott név szerint kell írni szintén dőlt betűvel (pl.: *Sinapis alba* cv. *Budakalász sárga*).

2. A kézirat szerkezete

- 2.1. A dolgozat címe alatt a szerző(k) neve, munkahelye(ik) és annak székhelye szerepeljen. Pontos cím megadása itt kerülendő. A tudományos fokozatot és munkahelyi beosztást nem közöljük.
- 2.2. A tudományos közlemények kialakult rendjének és kézirat felépítését a következő csoportosítás szerint kérjük:
 - Bevezetés, Irodalmi áttekintés, Anyag és módszer, Eredmények, Következtetések, Összefoglalás, Irodalom
 az Acta Agronomica Óváriensis hagyományainak megfelelően. Egyes fejezetek a téma jellege, terjedelme szerint összevonhatók: Bevezetés és az Irodalmi áttekintés, Eredmények és a Következtetések. Az Anyag és módszer helyett a szerző a Kísérletek leírása címet is használhatja.
- 2.3. Az Irodalom után kérjük feltüntetni a szerző(k) levélcímét (név, munkahely és annak székhelye a postai irányítószámmal; e-mail cím).

Az előzőek szerint csoportosított kéziratot kiegészítik (külön oldalakra gépelve):

magyar nyelvű közlemény esetén

- magyar nyelvű összefoglalás a végén kulcsszavakkal
- angol nyelvű összefoglalás a dolgozat angol nyelvű címével, a szerző(k) nevével és a munkahely(ük) feltüntetésével, a végén angol kulcsszavakkal
- táblázatok és ábrák
- angol nyelvű táblázat- és ábracímek
- az ábrák feliratait és a táblázatok fejléceit angol fordításban, számozva pl:

1. táblázat Az egynyári szélfű előfordulása a Fertő-Hanság-medence kukoricavetéseiben

Table 1. Occurrence of *Mercurialis annua* L. in maize fields in the Fertő-Hanság-basin

Felvételezési hely (1)		Egynyári szélfű száma a felvételi négyzetekben (2)				Átlag db/4 m ² (3)
		1.	2.	3.	4.	
1.	Hanságfalva*	46	72	54	36	52
2.	Jánossomorja	38	27	25	30	30
3.	Hanságliget	2	1	4	0	2

* a tenyészedőszak folyamán sem mechanikai, sem pedig kémiai gyomirtásban nem részesült

(1) location of survey, (2) the number of *Mercurialis annua* L. in sample squares, (3) average pc/4 m²

* during the vegetation period neither mechanical nor chemical weed control was carried out

angol nyelvű közlemény esetén

- angol nyelvű összefoglalás a végén kulcsszavakkal
- magyar nyelvű összefoglalás a dolgozat magyar címével, a szerző(k) nevével és a munkahely(ük) feltüntetésével, a végén magyar kulcsszavakkal
- külön-külön oldalakra gépelt táblázatok és ábrák (a címek, feliratok, fejlécek magyarra fordítása nem szükséges)

3. Irodalmi hivatkozások

- 3.1. Az Irodalmi áttekintés című fejezetben – hivatkozáskor – egy szerző esetében a szerzők családnévének dőlt betűvel történő leírásával és zárójelben közleményének kiadási évszámával szerepeljen, pl. *Pocsai* (1986). Szerzőpárosra történő hivatkozás esetén a két név közé "és" szót tegyen: *Pocsai és Szabó* (1983). Kettőnél több szerző esetében az elsőként feltüntetett szerző neve után et al. rövidítést kérjük: *Schmidt et al.* (1983). Egy mondaton vagy témakörön belül, ha több szerzőre hivatkozik, akkor a mondat vagy a témakör tárgyalása végén zárójelben kérjük a szerzők nevének és közleményei kiadási évszámának a felsorolását: (*Iváncsics* 1971, *Gergátz és Seregi* 1985, *Szajkó* 1987). Tudományos közleményben, könyvben szereplő hivatkozásra történő utalásnál a cit. rövidítést kell használni (*Wagner* 1979 cit. *Fahn* 1982).
- 3.2. Az Irodalom összeállításakor **a dolgozatban idézett szerzők nevét** ABC- és megjelenési időrendű felsorolásban kérjük. Minden tanulmányt külön sorban kell feltüntetni.
 - Folyóiratban megjelent cikkekre való hivatkozásnál a szerző családnéve és keresztnévének kezdőbetűje *dőlt*en szedve, a cikk megjelenésének évszáma zárójelben, a cikk címe, a folyóirat megnevezése, az évfolyam száma **félkövéren**, a lapszám zárójelben és a kezdő és befejező oldal száma kerül felsorolásra, pl: *Pocsai K.* (1986): A lóbab vetőmagszükséglet csökkentési lehetőségeinek vizsgálata. Növénytermelés. **35**, (1) 39–44.

- Ha az idézett hivatkozás könyvben jelent meg, akkor kérjük a szerző nevét, a könyv megjelenési évszámát zárójelben, a könyv címét, kiadóját és a kiadó székhelyét közölni, pl: *Schmidt J.* (1995): Gazdasági állataink takarmányozása. Mezőgazda Kiadó, Budapest.
- Ha olyan szerzőre hivatkozik, aki társszerzőként írt a könyvben, akkor a szerző nevét az általa írt (hivatkozott) fejezet címét kérjük feltüntetni és "in" megjelöléssel a könyv szerkesztőjének a nevét, a könyv címét, kiadóját és a kiadó székhelyét, pl.: *Gimesi A.* (1979): A lucerna vegyszeres gyomirtása. In *Bócsa I. (szerk.): A lucerna termesztése.* Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- Ha az Irodalmi áttekintésben több szerző által írt tanulmányra hivatkozott, az Irodalomban az összes szerző nevét ki kell írni és a nevek közé szóközzel kötőjelet kell tenni, pl: *Varga-Haszonits Z. – Varga Z. – Schmidt R. – Lantos Zs.* (1997): The effect of climatic conditions on the maize production. *Acta Agronomica Óváriensis.* **39**, (1–2) 1–14.
- Külföldi szerző esetében család- és keresztnév közé vesszőt kell tenni. Magyar szerzőknél ez kerülendő.

4. Ábrák és táblázatok

- 4.1. Kizárólag fekete-fehér ábrákat tudunk elfogadni.
- 4.2. A digitalizált képeket, ábrákat lehetőleg TIF, JPG kiterjesztésű állományként küldjük, és **ne a dokumentumba ágyazva.**
- 4.3. Táblázatok esetében kérjük, szintén Times New Roman betűtípust használjanak. Lehetőleg mellőzzék a táblázatok különféle kerettel és vonalvastagságokkal történő tarkítását.
- 4.4. Kérjük az eredeti ábrák, táblázatok külön állományban (pl. XLS) történő mentését, ezeket se illesszék a dokumentumba.
- 4.5. Ugyanazon adatsorokat grafikus és táblázatos formában nem közöljük.
- 4.6. Kérjük, hogy a szövegben az ábrákra és táblázatokra (dőlt betűvel írva) minden esetben hivatkozzanak.

5. Lektorálás, korrektúra

- 5.1. Az angol nyelvű cikkek lektorálása két szinten (anyanyelvi és szakmai bírálat) történik. Mint azt az Általános szempontokban említettük, a közlemény beérkezésekor benyújtott anyanyelvi lektori igazolás biztosítja az előzetes nyelvi ellenőrzést, amit szakmai bírálat követ.
- 5.2. A szerzők javaslatot tehetnek a két szakmai lektor személyére. A javasolt lektorok tudományos minősítéssel rendelkező személyek legyenek. A javasolt lektorokat a Szerkesztőbizottság hagyja jóvá, illetve jelöl ki új lektorokat. A lektorok nevét az évi utolsó lapszámban a borító belső oldalán – a bírált cikk megjelölése nélkül - feltüntetjük.
- 5.3. A lektori véleményeket a szerzőknek a kézirattal együtt megküldjük. Kérjük a szerzőket, hogy dolgozatukat a bírálók javaslata alapján módosítva mielőbb küldjék vissza, 1 példányban kinyomtatva és CD lemezen vagy e-mail-ben (varzol@mtk.nyme.hu). Csak a végleges összeállítású, hibátlan dolgozatot tudjuk szerkeszteni. A nyomdai munka előtt a már szerkesztett közleményt (hasáblevonatot) a szerző címére pdf formátumban megküldjük, hogy azt a kézirattal egyeztesse, s az észlelt vagy szükséges javításokat hibalista formájában jelezni tudja szerkesztőségünknek. A hasáblevonatot 3 munkanapon belül szíveskedjenek visszaküldeni.

A megjelent dolgozatokért a Szerkesztőbizottság tiszteletdíjat nem tud fizetni, de a szerzők részére díjmentesen pdf formátumú digitális különlenyomatot küldünk.

A kéziratokat a dolgozat megjelenéséig megőrizzük.

ERRATUM AZ ELŐZŐ LAPSZÁMBAN MEGJELENT CIKKHEZ

Sinha et al. (2013): Have trade policy reforms improved Indo-Hungarian trade?
Some evidence from agriculture sector
Acta Agronomica Óváriensis. Vol. 55. No. 2. 61–75.

The correct unit is thousand EUR in Table 1 and 2, in Figure 4 and 6 for y axis instead of million EUR.

On page 69, the correct fifth paragraph is the following:

India's import of agricultural products (shown in *Table 1* and *Figure 4–5*) from Hungary has a mixed trend during 1995–2011. India's imported products like live animals showed imports of 21 million euro in 1995 but marked a constant decline in imports and hence came down to 5 million euro in 2011. But dairy product; birds' eggs; etc has a rise in import of 37 and 61 million euro in 2006 and 2007, respectively and it was doubled to 111 million euro in 2011. The vegetables foods have a declining import in the last 15 years. Cereals witnessed 52,421 and 10,244 million euro in 2006 and in 2007 compare to 4 million euro import in 1995. Many agro-by products also show fluctuation import.

Az *Acta Agronomica Óváriensis* 2014/1. számának megjelenését
a Magyar Hallgatók az Európai Egyetemeken Alapítvány támogatta.

ISSN 1416-647x

Kiadásért felelős
a Nyugat-magyarországi Egyetem
Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar dékánja

Megjelent
a Competitor-21 Kiadó Kft.
9027 Győr, Külső Árpád út 35.
gondozásában
ügyvezető igazgató:
Andorka Zsolt

Tartalomjegyzék – Contents

<i>Szabó Ferenc – Szabó Eszter – Gulyás László – Pongrácz László – Tempfli Károly –</i>	
<i>Kovács Ádám – Szűcs Márton – Keller Krisztián:</i>	
A legeltetési időszak hosszának hatása a húsmarhák néhány értékmérő tulajdonságának ökonómiai súlyára és a húsmarhatartás eredményességére	3
<i>Hedvig Benke – Antal Tenk:</i>	
Main features of the marketing activity influencing competitiveness in the broiler fodder supply equipment market	13
<i>Németh-T. Anett – Vincze-Tóth Judit – Hegyi Judit – Troján Szabolcs:</i>	
Funkcionális élelmiszerek – fogyasztói, vásárlói preferenciák.....	29
<i>Kovács Mihály – Dóka Ottó – Kulcsár Róbert:</i>	
Élelmiszer-színezékek színparamétereinek vizsgálata étrendkiegészítőkben színméréssel és fotoakusztikus spektroszkópiával	43
<i>Szemle – Review</i>	
<i>Varga-Haszonits Zoltán – Varga Zoltán:</i>	
A meteorológiai tényezők és a növényfejlődés közötti kapcsolat modellezésének módszertani alapjai.....	53
<i>Benedek Pál:</i>	
A szőlő veszedelmes, új betegségét okozó <i>Flavescence dorée</i> (FD) fitoplazma és vektor rovarának (<i>Scaphoideus titanus</i> Ball) elterjedési veszélye Magyarországon	75
<i>Forró-Rózsa Eszter:</i>	
Réz a talajban	97
<i>English Language Abstracts of PhD Dissertations Defended in the Doctoral Schools of the Faculty of Agricultural and Food Sciences at Mosonmagyaróvár between January 2013 and December 2013</i>	
<i>Hedvig Benke:</i>	
Competitive marketing strategies in the national broiler fodder supply market.....	109
<i>Erzsébet Enzsölné Gerencsér:</i>	
The effect of climatic variability on winter barley production	110
<i>Ádám Németh:</i>	
A new technology for the induced spawning and rearing of pikeperch (<i>Sander lucioperca</i> L.) targeting a more profitable production in South Transdanubian fish ponds	112
<i>Jenő Varga:</i>	
Yield regulation of pear plantations with pruning and supplementary bee pollination	113
<i>András Vér:</i>	
A comparative study and evaluation of the Hungarian and Austrian farm advisory systems	115
Tájékoztató és útmutató a szerzők részére	117